

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 2 (199) 2025

УДК 631/635(062.552):378.4(477.41)БНАУ

А 26

Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 2 (199) 2025. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2025. 373 с. DOI 10.33245

Засновник, редакція, видавець і виготовлювач:

Білоцерківський національний аграрний університет (БНАУ)

Збірник розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради БНАУ

(Протокол № 11 від 27.11.2025 р.)

«Агробіологія» («Agrobiology») – збірник наукових праць є фаховим виданням, який включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019 р.), і є продовженням «Вісника Білоцерківського державного аграрного університету», започаткованого 1992 року. Збірник представлено на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar, Crossref.

Редакційна колегія:Головний редактор – **Карпук Л.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, УкраїнаЗаступник головного редактора – **Єзерковська Л.В.**, канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Члени редакційної колегії:****Базіль П.**, гол. інженер, Французька асоціація географічної інформації (AFIGEO), Сен-Манде, Франція**Біліченко А.М.**, канд. пед. наук, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Белік П.**, д-р габіл., проф., Словацький сільськогосподарський університет, Нітра, Словацька Республіка**Вахний С.П.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Вашук Ю.В.**, д-р філософії, доцент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Грабовський М.Б.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Демидась Г.І.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна**Заячук В.Я.**, канд. с.-г. наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна**Іщук Г.П.**, канд. с.-г. наук, доцент, Уманський національний університет, Умань, Україна**Іщук Л.П.**, д-р біол. наук, проф., Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, Умань, Україна**Кізілкай Рідван**, д-р філософії, проф., Університет Ондокуз Маїс, Самсун, Туреччина**Копій Л.І.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна**Лавров В.В.**, д-р с.-г. наук, проф., Комунальний заклад вищої освіти «Вінницька академія безперервної освіти», Вінниця, Україна**Литвиненко М.А.**, д-р с.-г. наук, проф., академік НААН, Селекційно-генетичний інститут Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення, Одеса, Україна**Малюга В.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна**Осадчук Л.С.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна**Правдива Л.А.**, д-р с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Прима І.Д.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Рембаковська Єва**, д-р, проф., Варшавський університет природничих наук, Варшава, Польща**Рубік Х.**, д-р філософії, доц., Чеський університет природничих наук, Прага, Чехія**Сич З.Д.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**Ткаченко Н.**, д-р філософії, Університет Варвіка, Ковентрі, Великобританія**Фучило Я.Д.**, д-р с.-г. наук, проф., Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, Україна**Шмідке К.**, д-р наук, проф., Науково-дослідницький інститут органічного землеробства, Фрік, Швейцарія**Юхновський В.Ю.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Editorial board:

Editor-in-Chief – **Karpuk L.**, D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine
Deputy Editor-in-Chief – **Ezerkovska L.**, PhD, Assistant Professor, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

Members of editorial board:

Bazile P., Chief Engineer, French Association for Geographic Information (AFIGEO), Saint-Mandé, France

Bielik P., Dr habil., Professor, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

Bilichenko A., Candidate of Pedagogical Science, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Demydas' G., Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

Fuchylo Ya., Dr of Agriculture Science, Professor, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAN, Kyiv, Ukraine

Grabovskyi M., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Ishchuk H., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Uman National University, Uman, Ukraine

Ishchuk L., Dr of Biological Science, Professor, National dendrological park "Sofiyivka" NAS of Ukraine, Uman, Ukraine

Kizilkaya R., PhD, Professor, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Türkiye

Kopiy L., Dr of Agriculture Science, Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

Lavrov V., D.Sc., Prof., Public higher educational establishment «Vinnytsia academy of continuing education», Vinnytsia, Ukraine

Lytvyenko M., Dr of Agriculture Science, Professor, Academician of NAAS, Breeding and Genetic Institute of the National Center for Seed Science and Variety Research, Odessa, Ukraine

Maliuha V., Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Osadchuk L., Dr of Agriculture Science, Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

Pravdyva L., Dr of Agriculture Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Prymak I., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Rembialkowska E., Dr, Professor, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland

Roubík H., PhD, Associate Professor, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

Schmidtke K., Dr., Professor, Research Institute of Organic Agriculture, Frick, Switzerland

Sych Z., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Tkachenko N., PhD, University of Warwick, Coventry, United Kingdom

Vakhniy S., Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Vashchuk Yu., PhD, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Yukhnovskyi V., Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

Zayachuk V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

Адреса редакції: Білоцерківський національний аграрний університет, Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква,
09117, Україна, e-mail: redakciaviddil@ukr.net.

ЗМІСТ

АГРОНОМІЯ

Войтовик М.В., Примаєв І.Д., Качан Л.М., Панченко О.Б., Ображій С.В. Можливість мінімалізації механічного обробітку за зміни агрофізико-екологічних чинників родючості чорнозему типового	8
Ворона О.В., Козар С.Ф. Стійкість симбіозу <i>Rhizobium leguminosarum-Pisum sativum</i> за дії полісахаридно-білкового комплексу в умовах штучної посухи	19
Димань Н.О., Карпук Л.М. Молекулярно-генетична характеристика сортів малини за ISSR-PCR- маркерами	29
Добренський О.А. Вплив різних гербіцидних технологій вирощування на запилення квіток соняшника бджолами	38
Іванов С.О., Рожков А.О. Формування елементів продуктивності рослин пшениці озимої залежно від впливу стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення в умовах Східного Лісостепу України	47
Іванчук А.В. Шовковиця (<i>Morus</i>) <i>in vitro</i> : стан досліджень та перспективи.....	58
Караульна В.М., Карпук Л.М., Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Єзерковська Л.В., Павліченко А.А., Єзерковський А.В., Титаренко О.С. Вміст залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів у ґрунті едафотопів складів отрутохімікатів Київської області	73
Карпук Л.М., Федорченко Я.О. Ефективність застосування біопрепаратів за вирощування органічної продукції гречки	81
Кононюк Н.О., Присяжнюк О.І. Особливості формування продуктивності пшениці залежно від сортових особливостей і умов вирощування в Лісостепу України	88
Кравченко В.С., Крикун С.П., Акінчиц Д.Л., Дячук Е.С. Сортіві особливості господарської довговічності насіння сої	96
Курач О.В., Андрущук О.О. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність соняшнику в умовах Західного Полісся	103
Ліщук А.М., Кравчук Ю.А. Вплив сидеральних попередників на урожайність та якість зерна пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу України	114
Лось Р.М., Олефіренко Б.А., Олефіренко Т.М., Кириленко В.В., Сабатин В.Я. Економічна ефективність вирощування насіння пшениці озимої за різних попередників і строків сівби у центральній частині Лісостепу України	125
Любченко А.І., Любченко І.О., Рябовол Я.С., Рябовол Л.О., Сержук О.П. Алелопатичний вплив рослинних решток ріжю посівного на проростання насіння сої та соняшнику	133
Лященко С.А., Рожнятовський А.О., Матусевич Г.Д., Захарчук Н.А. Вплив сучасних препаратів фунгіцидної дії на ураженість хворобами картоплі	141
Михайлик С.М., Смульська І.В., Сонець Т.Д., Орленко Н.С. Аналіз урожайності сортів сої культурної [<i>Glycine max</i> (L.) Merrill] у зоні Лісостепу України	152
Мороз О.В., Карпук Л.М. Особливості росту й розвитку сортів квасолі (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) різних груп стиглості за позакореневого підживлення рослин	162
Парфенюк О.О., Труш С.Г. Створення та добір батьківських компонентів у селекції одностовкових гібридів буряків кормових на стерильній основі	172
Стороженко В.О., Рожков А.О. Формування елементів продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від впливу позакореневих підживлень в умовах Правобережного Лісостепу України	180
Труш С.Г., Парфенюк О.О., Баланюк Л.О., Татарчук В.М. Методи створення та гібридизаційний потенціал багаторосткових запилювачів буряків цукрових різної генетичної структури в селекції на гетерозис	193
Федоренко М. В., Федоренко І.В., Близнюк Р.М., Шадчина Т.М. Успадкування F1 пшениці ярої стійкості до <i>Erysiphe graminis</i> DC. f. sp. tritici Em. та <i>Puccinia recondita</i> f. sp. tritici Rob. в умовах Лісостепу України	202
Філіпова Л.М., Мацкевич В.В., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Омельченко О.В., Лясківська О.О. Мінеральна складова живильних середовищ як детермінант культивування <i>in vitro</i> <i>Allium sativum</i> L.	211

Хіврич О.Б., Гументик М.Я., Квак В.М., Фурса А.В., Сенчук С.М., Клименко В.П., Атаманюк О.М. Встановлення потенціалу продуктивності буряків цукрових як сировини для виробництва біопалива залежно від системи удобрення	223
Чайка Т.О., Короткова І.В. Фізико-хімічні аспекти впливу біопрепаратів на вміст абсцизової кислоти в умовах гідротермічного стресу у сої (<i>Glycine max</i> L. Merr.): інтеграція біохімічних та агрономічних маркерів адаптації	233
Яковенко Д.О., Бородай В.В. Вплив біодобрив Азотохелп® та Граундфікс® на формування мікробних угруповань ризосфери пшениці озимої	246
Ямковий В.Ю., Подберезко І.М., Томаш А.І. Продуктивність картоплі залежно від дії біопрепаратів в умовах південного Полісся України	258

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Балабак О.А., Залізняк А.М. Прояв анатомічних змін в листках представників роду <i>Corylus</i> L., як індикатор адаптації до різних екологічних умов зростання	268
Бровді А.А. Оцінювання стійкості сортів троянд групи флорібунда до ураження хворобами та шкідниками	276
Булат А.Г. Вплив фракції насіння на схожість та морфогенез сіянців <i>Catalpa bignonioides</i>	283
Крупа Н.М., Олешко О.Г., Вашук Ю.В. Аналіз стану природно-заповідного фонду Білоцерківщини	293
Фіялко А.Б., Роспутній Є.М. Декоративні якості видового різноманіття роду <i>Spiraea</i> L. та пропозиції щодо використання видів як елементів композиційних рішень в озелененні	307

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Коляджин І.Ф., Коциловський Б.А., Коляджин Ю.І., Гуцуляк М.І., Дідик В.М. Сучасні технології лісовідновлення в ялицево-букових лісостанах (<i>Abies alba</i> – <i>Fagus sylvatica</i>)	320
Левандовська С.М., Пенькова С.М., Ситник О.С., Кімейчук І.В. Сталий менеджмент природних ресурсів як основа збереження біорізноманіття лісових екосистем	329
Лозінська Т.П., Задорожний А.І., Березенко К.С., Карпук Л.М., Кулик Р.М. Лісорозведення на деградованих землях: екологічні та економічні аспекти	339
Ситник О.С., Кімейчук І.В., Горновська С.В. Просторово-структурні особливості соснових лісів і їхній вплив на чисельність стовбурових шкідників	350

ЕКОЛОГІЯ

Гейко М.М., Скиба В.В., Розпутній О.І., Перцьовий І.І., Бабань В.П., Герасименко В.Ю. Еколого-біологічні основи поширення та використання <i>Portulaca oleracea</i> L. у світі та Україні з урахуванням сучасних кліматичних змін: огляд.....	362

CONTENT

AGRONOMY

Voytovik M., Primak I., Kachan L., Panchenko O., Obrazhiy S. The possibility of minimizing mechanical cultivation when changing the agrophysical and ecological factors of typical black soil fertility	8
Voronaia O., Kozar S. Stability of <i>Rhizobium leguminosarum-Pisum sativum</i> symbiosisb under the action of PPC under conditions of artificial drought	19
Dyman N., Karpuk L. Molecular-genetic characteristics of raspberry varieties based on ISSR-PCR markers	29
Dobrenkyi O. The effect of different herbicide application schemes on sunflower pollination by honey bees	38
Ivanov S., Rozhkov A. Formation of winter wheat plant productivity elements depending on the effect of growth stimulants based on humic substances under different mineral nutrition backgrounds in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine	47
Ivanchuk A. Mulberry (<i>Morus</i>) <i>in vitro</i> : state of research and future prospects	58
Karaulna V., Karpuk L., Matskevych V., Filipova L., Yezerkovska L., Pavlichenko A., Yezerkovskiy A., Titarenko O. Residual amounts of organochlorine pesticides in the soil of edaphotopes near poisonous chemical warehouses in Kyiv region	73
Karpuk L., Fedorchenko Ya. Efficiency of biopreparations application in organic buckwheat production	81
Kononyuk N., Prysiazhnyuk O. Features of wheat productivity formation depending on genotype and growing conditions in the Forest-Steppe of Ukraine	88
Kravchenko V., Krykun S., Akinchyts D., Diachuk E., Nevlad V. Varietal characteristics of the economic longevity of soybean seeds	96
Kurach O., Androshchuk O. The influence of cultivation technology elements on sunflower productivity in the conditions of Western Polissia	103
Lishchuk A., Kravchuk Yu. Influence of green manure predecessors on the yield and grain quality of winter wheat under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine	114
Los' R., Olefirenko B., Olefirenko T., Kyrylenko V., Sabadyn V. Economic efficiency of winter wheat seeds cultivation under various predecessors and sowing periods in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine	125
Liubchenko A., Liubchenko I., Riabovol Ia., Riabovol L., Serzhuk O. Alelopathic effect of of camelina sativa plant residues on soybean and sunflower seeds germination	133
Liashchenko S., Rozhniatovskyi A., Matushevych G., Zakharchuk N. Influence of modern fungicidal preparations on potato disease incidence	141
Mykhailyk S., Smulskia I., Sonets T., Orlenko N. Yield analysis of cultivated soybean varieties [<i>Glycine max</i> (L.) Merrill] in the Forest-Steppe zone of Ukraine	152
Moroz O., Karpuk L. Features of growth and development of bean varieties (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) of different maturity groups under foliar feeding	162
Parfeniuk O., Trush S. Creation and selection of parental components in selection of single-sprout fodder beet hybrids on a sterile basis	172
Storozhenko V., Rozhkov A. Formation of productivity elements of corn hybrids of different maturity groups depending on the effect of foliar fertilizers in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine	180
Trush S., Parfeniuk O., Balaniuk L., Tatarchuk V. Methods for creation and hybridization potential of sugar beet multi-sprout pollinators of different genetic structure in selection for heterosis	193
Fedorenko M., Fedorenko I., Blyzniuk R., Shadchyna T. Inheritance resistance of F1 spring wheat to <i>Erysiphe graminis</i> DC. f. sp. <i>tritici</i> Em. and <i>Puccinia recondita</i> f. sp. <i>tritici</i> Rob. in the Forest-Steppe of Ukraine	202
Filipova L., Matskevych V., Yezerkovska L., Karaulna V., Omelchenko O., Liaskivska O. Mineral composition of nutrient media as a determinant of <i>in vitro</i> cultivation of <i>Allium sativum</i> L.	211

Khivrich O., Humentyk M., Kvak V., Fursa A., Senchuk S., Klimenko V., Atamanyuk O. Determining the productivity potential of sugar beets as a raw material for biofuel production depending on the fertilization system	223
Chayka T., Korotkova I. Physico-chemical aspects of biological products influence on the abscisic acid content under conditions of hydrothermal stress in soybean (<i>Glycine max</i> L. Merr.): integration of biochemical and agronomic markers of adaptation	233
Yakovenko D., Boroday V. The effect of Azotohelp® and Groundfix® biofertilizers on the formation of microbial communities in the rhizosphere of winter wheat	246
Yamkovyi V., Podberezko I., Tomach A. The impact of the combined use of organic fertilizers and biological products on potato productivity in the southern Polissia region of Ukraine	258

HORTICULTURE

Balabak O., Zalizniak A. Anatomical changes in the leaves of <i>Corylus</i> L. species as an adaptation indicator to different ecological growth conditions	268
Brovdi A. Assessment of floribunda rose varieties' resistance to diseases and pests	276
Bulat A. The effect of seed fraction on germination and morphogenesis of <i>Catalpa bignonioides</i> seedlings	283
Krupa N., Oleshko O., Vashchuk Yu. Analysis of the state of the nature reserve fund of Bila Tserkva district	293
Fiialko A., Rosputniy Ye. Decorative qualities of species diversity of the genus <i>Spiraea</i> L. and proposals for the use of species as elements of compositional solutions in landscaping	307

FORESTRY

Koliadzhyn I., Kotsylovskiy B., Koliadzhyn Yu., Hutsuliak M., Didyk V. Modern technologies of reforestation in fir-beech forests (<i>Abies alba</i> – <i>Fagus sylvatica</i>).....	320
Levandovska S., Penkova S., Sytnyk O., Kimeichuk I. Sustainable natural resources management as the basis for biodiversity conservation in forest ecosystems	329
Lozinska T., Zadorozhnyy A., Berezenko K., Karpuk L., Kulyk R. Afforestation on degraded lands: ecological and economic aspects	339
Sytnyk O., Kimeichuk I., Hornovska S. Spatial and structural features of pine forests and their impact on stem pests abundance	350

ECOLOGY

Heiko M., Skyba V., Rozputnyi O., Pertskovyi I., Baban V., Herasymenko V. Ecological and biological foundations of the distribution and use of <i>Portulaca oleracea</i> L. worldwide and in Ukraine considering current climate change: a review	362

АГРОНОМІЯ

УДК 631.512:631.445.4

**Можливість мінімалізації механічного обробітку
за зміни агрофізико-екологічних чинників родючості
чорнозему типового**

Войтовик М.В. , Примак І.Д. , Качан Л.М. ,
Панченко О.Б. , Ображій С.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет

Войтовик М.В., Примак І.Д., Качан Л.М.,
Панченко О.Б., Ображій С.В. Можливість
мінімалізації механічного обробітку за
зміни агрофізико-екологічних чинників
родючості чорнозему типового. «Агро-
біологія», 2025. № 2. С. 8–18.

Voytovik M., Primak I., Kachan L.,
Panchenko O., Obrazhiy S. The possibility
of minimizing mechanical cultivation when
changing the agrophysical and ecological
factors of of typical black soil fertility.
«Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 8–18.

Рукопис отримано: 28.08.2025 р.

Прийнято: 12.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-8-18

Трирічними (2023–2025 рр.) дослідженнями на чорноземі типовому середньосуглинковому ТОВ «Мрія» Білоцерківського району Київської області в трипільній сівозміні встановлено, що структурний стан орного шару чорнозему типового за полицево-дискового, дискового і нульового обробітків істотно не відрізнявся за варіантами обробітку. За дискового і нульового обробітків виразно простежується диференціація (гетерогенність) орного шару за оструктуреністю різних його частин (0–10, 10–20, 20–30 см). Вміст водотривких агрегатів у верхній частині орного шару (0–10 см) істотно вищий за полицево-дискового обробітку, у нижній (20–30 см) – за прямої сівби.

Абсолютна різниця в оструктуреності верхньої (1–10 см) і нижньої (20–30 см) частин орного шару у фазу куціння і повної стиглості зерна пшениці озимої становила відповідно 2,5 і 2,3 % за полицево-дискового обробітку, 9,3 і 7,2 – дискового, 11,0 і 9,7 % – за прямої сівби.

Об'ємна маса орного шару істотно вища, а загальна пористість – істотно нижча за дискового і нульового обробітків, проте ці показники не перевищували критичних значень – 1,30 г/см³ і 50 % відповідно.

Щільність складення перевищувала критичне значення лише в нижній частині орного шару (20–30 см) за дискового і нульового обробітків на дату збирання урожаю культур сівозміни.

Загальна пористість верхньої частини орного шару не зазнавала істотних змін, а середньої і нижньої – зменшувалася за дискового і нульового обробітків.

Капілярна пористість орного шару практично на одному рівні в досліджуваних варіантах обробітку на дату сівби та істотно вища за дискування і прямої сівби на дату збирання урожаю. У середній і нижній частинах орного шару цей показник на дату збирання істотно зростає за дискового і нульового обробітків.

Зафіксоване зменшення некапілярної пористості ґрунту за дискування і прямої сівби в шарах 0–10, 10–20, 20–30 і 0–30 см.

Урожайність культур істотно не змінювалась за варіантами обробітку, що вказує на можливість прямої сівби в необроблений ґрунт. У середньому за три роки за полицево-дискового, дискового і нульового обробітків чорнозему типового урожайність становила відповідно 6,23; 6,11 і 6,07 т – пшениці озимої; 3,50; 3,50 і 3,56 – сої; 3,27; 3,18 і 3,20 т – соняшнику за НІР_{0,05} відповідно 0,31; 0,26 і 0,22 т.

Ключові слова: чорнозем типовий, сівозмінна, обробіток, структура, щільність будови, пористість, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ґрунтова структура справляє вирішальний вплив на водно-повітряний, тепловий і поживний режими ґрунтів та продуктивність рілнничих рослин. Надходження води атмосферних опадів, її переміщення в ґрунті, доступність води, а разом з нею і поживних речовин для рослин – всі ці надзвичайно важливі агрономічні характеристики тією чи іншою мірою регулюються ґрунтовою структурою [1]. Добре оструктурений ґрунт не лише краще зволожується і протистоїть ерозії [2], а також швидше прогрівається [3], економніше і ефективніше витрачає елементи живлення для рослин [4], а в тонких порах стримує надмірну мінералізацію вуглецю й азоту [5].

Рівною мірою це ж стосується й інших властивостей ґрунтів – фізико-механічних, технологічних і реологічних – оструктурений ґрунт здатний без прикладання значних енергетичних зусиль кришитися під дією механічного обробітку, не прилипати до робочих органів ґрунтообробних знарядь, достатньо швидко розуцільнюватися до модальних значень після зняття навантаження [6].

Лише в окремих випадках структурний ґрунт може мати наступні недоліки: схильність до провальної (преференціальної) фільтрації (за домінування крупних пор) і надмірна повітрязабезпеченість, яка посилює випаровування продуктивної вологи. Науковці розробили оптимальну суміш ґрунтових агрегатів з допустимими параметрами брил і пилу за формування посівного шару для зернових культур. У підсумку вони констатують, що структура є настільки важливою характеристикою ґрунту, що виправдовує будь-які заходи її моніторингу, охорони, а за необхідності – і поліпшення [7].

За допомогою контролю структурного стану можна оперативно отримати попередню оцінку екологічної і продуктивної цінності ґрунтів, розробити рекомендації щодо управління їх родючістю і навіть окремі матеріали для прогнозу зміни ґрунтів за збільшення чи зменшення антропогенного навантаження (за умови проведення довготривалих спостережень на контрольних варіантах) [7, 8].

Серед агротехнічних заходів охорони ґрунтової структури найбільш важливими вважають мінімізацію механічного обробітку і поліпшення балансу органічної речовини [9, 10].

Агрономічна діяльність і особливо механічний обробіток не мають призводити до втрати структури, гальмування процесів агре-

гації, оскільки це спричиняє неминуче погіршення родючості ґрунту. Для цього було б важливо зафіксувати рівень оструктуреності, характерний для тієї чи іншої ґрунтової відміни (це був би важливий показник, або своєрідний норматив) і всі засоби впливу на неї не мають знеструктурувати ґрунт. Вони мають бути структурозберігаючими [7].

Технологія зяблевого обробітку, згідно з класичним уявленням, має забезпечувати створення оструктуреного шару ґрунту плугом з передплужниками глибиною не менше 20 см. За культурної оранки краще оструктурена нижня половина орного шару переміщається плугом на місце верхньої, поліпшуючи структурний стан всього оброблюваного шару ґрунту. В.Р. Вільямс – «вчений сталінської епохи» і «головний агроном країни», користуючись беззаперечним авторитетом у державних і партійних органах, вважав, що лише в нижній частині орного шару структурний стан поліпшується завдяки анаеробним умовам. Абсолютизація водотривкої структури і культурної оранки, як заходу її відтворення та універсалізація травопільної системи хліборобства призвели до трагічних наслідків [11].

Об'єктивно оцінив важливість структури ґрунту та розробив заходи щодо її поліпшення О.О. Ізмаїльський [12]. В.Р. Вільямс довів, що пожива і вода найбільш ефективні за водотривкої структури ґрунту, дав глибокий аналіз поживного і водного режимів ґрунту на оструктурених і знеструктурених ґрунтах [13].

Погіршення оструктуреності ґрунту внаслідок ущільнення його рушійними машинно-тракторних агрегатів пов'язане з тим, що розпушування верхнього шару з пористістю нижче 50 % не відновлює цей показник відразу до оптимальних значень для життєдіяльності ґрунтової біоти. Крім того, ущільнення ґрунту спричиняє перехід значної частини діяльного гумусу у недіяльний стан [14].

Всю різноманітність причин негативно-го впливу на оструктуреність ґрунту можна об'єднати в три групи однойменні факторам утворення агрегатів [15].

Механічні – руйнування структури сільськогосподарськими знаряддями, рушійми, вітром, опадами, тваринами (за активного або надмірного випасання) тощо.

Фізико-хімічні – руйнування структури ґрунту в результаті обмінних реакцій катіонів. Зокрема, іони H^+ і NH_4^+ , що містяться в атмосферних опадах, взаємодіючи з ґрунтом, витісняють з ґрунтового вбирного комплексу [ГВК] іони кальцію і магнію, які можуть вимиватися за межі орного шару. Аналогічно

на ГВК впливають іони мінеральних добрив, продукти життєдіяльності кореневої системи та інші сполуки ґрунту. В результаті коагуляційні сили, що склеюють ґрунтові частинки в агрегати, послаблюються, агрегати переходять в роздільно-частковий стан.

Біологічні – руйнуюча діяльність ґрунтових мікроорганізмів, які мінералізують органічну речовину ґрунту як джерело живлення і енергії. Оскільки ґрунтові частинки склеєні переважно органічними колоїдами, то агрегати руйнуються. Розвитку процесів мінералізації органічної речовини сприяє механічний обробіток ґрунту, внесення вапна і мінеральних добрив.

За В.Р. Вільямсом, першим завданням рільника є відтворення і підвищення структурності ґрунту, другим – періодичне відновлення її культурною оранкою, тривалість якого може досягати 6–7 вегетаційних періодів [13, 16].

Провідні дослідники-аграрії України пропонують періодичність проведення культурної оранки визначати за показником коефіцієнта структурності ґрунту за методом Н.І. Саввінова (ДСТУ 4744:2007). Якщо цей показник у шарі ґрунту 0–10 см нижчий 0,67, такий агрозахід є обов'язковим [14, 17]. Застосування плуга без передплужників можливе лише за заробки в ґрунт вапна або гною [18]. Оброблюваний шар ґрунту плугом з передплужниками гетерогенний, а за їх відсутності – гомогенний. В останньому випадку навіть на чистому від бур'янів ґрунті перемішування верхнього (знеструктуреного) і нижнього (недостатньо оструктуреного) шарів ґрунту поступово погіршує структурний стан всього орного шару [14].

Провідні науковці України обов'язковою умовою відтворення оструктуреності ґрунту вважають проведення періодичної оранки плугами з передплужниками за швидкості руху агрегату 7,9 км/год і більше з культурною формою полиць, а за меншої швидкості – з напівгвинтовими полицями. Рекомендовано використовувати і двоярусні плуги [14]. Взаємне переміщення такими орними агрегатами двох шарів ґрунту унеможливорює їх перемішування, яке, на думку науковців, є принципово неприпустимим. Ізолювати верхній шар від впливу повітря і води вони пропонують також за допомогою мульчування [14].

На вирішальне значення водотривкої структури ґрунту в забезпеченні оптимальної будови в насамперед щільності та пористості його вказували й видатні українські дослідники О.Н. Соколовський, К.К. Гедройц [3].

Актуальним і на сьогодні залишається висновок В.Р. Вільямса, що ґрунти з водотривкою структурою мають оптимальну будову [11].

Переважна частина вітчизняних науковців для поліпшення структурного стану і будови ґрунту пропонує в сівозмінах один раз в три-п'ять років застосовувати різноглибинну оранку, а в проміжку між оранкою – безполицеві обробітки на різну глибину (чизельними, дисковими знаряддями тощо) аж до повної відмови від механічного обробітку взагалі [19–26].

На Черкаській державній сільськогосподарській дослідній станції мінімалізація обробітку чорнозему типового малогумусного поліпшила агрофізичні властивості шару 0–40 см завдяки зростанню об'єму агрегатних пор, що пов'язано з підвищенням на 15–18 % вмісту агрегатів діаметром 2–5 мм [27].

У досліджах УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого [28] та Інституту сільського господарства Західного Полісся найвищу урожайність гороху і сої отримали за традиційної оранки [29].

Систематична оранка чорноземів типових мало- і середньогумусованих прискорює утворення брилистої (понад 7 мм) і розпиленої (менше 0,25 см) фракцій та зменшує найбільш корисної – діаметром 0,5–3 мм. Безполицевий обробіток руйнує великі грудки (понад 7 мм), збільшує вміст більш корисних – діаметром 3–5 і 5–7 см [30].

В Україні 0,3 млн га ріллі деградовано (1,0 %) і 4,3 млн (14,3 %) схильні до агрофізичної деградації. Зниження вмісту на 30 % орних земель агрономічно цінних агрегатів (діаметром 0,25–10 мм) нижче критичного рівня (50 %) спричинило можливість утворення брилистої ріллі на площі 3,5 млн га. Головними причинами знеструктурення ґрунтів вважають високу інтенсивність обробітку і дегуміфікацію ґрунтів [31].

За високої оструктуреності і гумусованості максимально можлива і найбільш поширена межа рівноважної об'ємної маси орного шару чорнозему типового 1,25 г/см³. Залежно від умов зимового періоду, стану поверхні поля, зволоження цей показник на дату механічного обробітку фізично спілого ґрунту, здебільшого, нижчий зазначеної величини весною і майже рівний їй восени. У такому разі ґрунтово-технологічні властивості ґрунту (липкість, зчіплення, опір тощо) близькі до оптимальних.

Різниця між оптимальними значеннями об'ємної маси ґрунту для різних видів рільничих культур становить 0,10–0,25 г/см³ і вважається істотною. Найбільший вплив щільності складення проявляється у перші дні після сів-

би культури на проростання насіння та формування коріння першого і другого порядків. Істотний вплив цього показника простежується аж до збирання урожаю. Диференціація щільності будови по вертикалі орного шару справляє позитивний вплив на зернові і негативний – просапні культури [32].

Чорнозем суглинкового гранулометричного складу, ущільнений до 1,30–1,35 г/см³, після декількох циклів висушування і зволоження розущільнюється до рівноважної щільності складення – орієнтовно до 1,15 г/см³. За високої щільності – 1,40–1,45 г/см³ – процес розущільнення триває декілька років, що пов'язано з повільним проникненням до кореневих систем води, низькою біологічною і ферментативною активністю. За оптимальних величин об'єму пор (55–60 %) та співвідношення капілярної і некапілярної пористості (1:1) обробіток рекомендується у разі необхідності зменшення бур'янів [32].

Мета дослідження – порівняти три системи механічного обробітку ґрунту за їх впливом на агрофізичні й екологічні чинники його мінімізації в короткотривалій сівозміні Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальна робота виконана впродовж 2023–2025 рр. на чорноземі типовому середньосуглинковому ТОВ «Мрія» Білоцерківського району Київської області в польовій зернопросапній трипільній сівозміні з наступним чергуванням культур: 1 – поле пшениця озима, післязливна гірчиця біла; 2 – соя; 3 – соняшник.

Вивчали три варіанти (системи) обробітку чорнозему типового:

1-й – полицево-дисковий (контроль), за якого оранку на 28–30 см здійснювали під соняшник, під решту культур – дисковий обробіток на 10–12 см;

2-й – дисковий, за якого під всі культури проводили дискування на 10–12 см;

3-й – No-till передбачає пряму сівбу сівалкою Kinze в необроблений ґрунт.

Оранку виконували плугом ПЛН-3-35, дисковий обробіток – бороною АГ-2,1-20. Система удобрення культур сівозміни розрахована на заплановану урожайність пшениці озимої 6,0 т/га, соняшнику і сої – 3,5 т/га.

У досліді повторність триразова; розміщення варіантів послідовне, систематичне; площа посівної і облікової ділянок – відповідно 380 і 230 м².

Визначали вміст водотривких агрегатів методом І.М. Бакшеева, а будову орного шару (0–30 см) – методом Н.А. Качинського [33].

Результати досліджень і обговорення.

Вміст водотривких агрегатів в орному шарі чорнозему типового під посівами пшениці озимої істотно не змінювався за варіантами обробітку впродовж вегетації культурних рослин. Помічено лише неістотне зменшення цього показника за систематичного дискового обробітку ґрунту в сівозміні. У фазу кушіння і повної стиглості зерна хлібної рослини оструктуреність орного шару становила відповідно 64,6 і 67,0 % за полицево-дискового обробітку, 64,2 і 66,3 – дискового, 64,4 і 66,6 % – за нульового обробітку. Загалом за вегетацію культури цей показник на першому, другому і третьому варіантах обробітку становив відповідно 65,8; 65,3 і 65,5 % (табл. 1).

За всіх систем обробітку, особливо дискового і нульового, орний шар ґрунту за структурним станом гетерогенний. Абсолютна різниця в оструктуреності верхньої (0–10 см) і нижньої (20–30 см) частин його у фазу кушіння і повної стиглості зерна зернової колосової рослини становила відповідно 2,5 і 2,3 % за полицево-дискового обробітку, 9,3 і 7,2 – дискового, 11,0 і 9,7 % – за прямої сівби.

У вказані вище строки спостережень вміст водотривких агрегатів у верхній частині орного шару ґрунту нижчий відповідно на 4,7 і 3,8 % по дисковому обробітку; 5,4 і 4,7 % по прямій сівбі, ніж на контролі. У нижній частині орного шару ґрунту зафіксована зворотна закономірність: оструктуреність відповідно на 2,1 і 1,1 % за дискового; 3,1 і 2,7 % за нульового обробітків вища проти контролю. У середній частині орного шару цей показник також більший на другому і третьому варіантах: відповідно на 1,3 і 0,9 % за дискування, 1,5 і 1,1 % – прямої сівби.

У фазу сходів і господарської стиглості зерна вміст водотривких агрегатів в орному шарі ґрунту становив відповідно 60,9 і 63,7 % на першому варіанті; 60,0 і 62,8 – другому; 60,1 і 62,9 % – на третьому варіанті обробітку. Середнє значення досліджуваного показника ґрунтової родючості впродовж вегетації бобової рослини за полицево-дискового, дискового і нульового обробітків становило відповідно 62,3; 61,4 і 62,0 %.

Постійний дисковий і нульовий обробітки спричинили виразну диференціацію орного шару за досліджуваним показником ґрунтової родючості. У фазу сходів і господарської стиглості бобової культури контроль переважав експериментальні варіанти лише у верхній частині орного шару: відповідно на 6,3 і 4,9 % порівняно з дискуванням та 5,7 і 4,8 % – прямою сівбою.

Таблиця 1 – Вміст водотривких агрегатів у різних частинах орного шару ґрунту залежно від систем механічного обробітку, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Культура	Фаза росту та розвитку рослин	Варіанти (системи) обробітку ґрунту								
		1 Полицево-дисковий (контроль)			2 Дисковий			3 Нульовий (пряма сівба, No-till)		
		Шар ґрунту, см								
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Пшениця озима	Кущіння НІР _{0,05} = 1,2 %	63,4	64,7	65,9	58,7	66,0	68,0	58,0	66,2	69,0
	Повна стиглість зерна НІР _{0,05} = 1,2 %	65,7	66,9	68,0	61,9	67,8	69,1	61,0	68,0	70,7
Соя	Сходи НІР _{0,05} = 0,9 %	61,3	60,9	60,6	55,0	62,2	62,8	55,6	62,0	62,7
	Господарська стиглість зерна НІР _{0,05} = 1,0 %	62,9	63,8	64,5	58,0	64,6	65,8	58,1	64,6	66,0
Соняшник	Сходи НІР _{0,05} = 1,2 %	67,7	63,8	60,7	60,9	65,1	65,7	60,1	64,0	64,9
	Повна стиглість насіння НІР _{0,05} = 1,3 %	65,4	66,6	67,8	61,6	67,8	70,4	59,9	66,1	70,1

У середній і нижній частинах орного шару зафіксована зворотна закономірність. Зокрема, у фазу сходів сої оструктуреність середньої частини орного шару за дискового і нульового обробітків вища відповідно на 1,3 і 1,1 %, господарської стиглості зерна – на 0,8 %, порівняно з контролем. У нижній частині орного шару ґрунту цей показник у фазу сходів і господарської стиглості зерна бобової рослини відповідно на 2,2 і 1,3 % за дискового й 2,1 і 1,5 % за нульового обробітків більший.

За полицево-дискового обробітку у фазу сходів сої орний шар гомогенний, у фазу господарської стиглості зерна – гетерогенний. Але найбільш виразно ця властивість проявляється за дискового і нульового обробітків. Абсолютна різниця в оструктуреності верхньої і нижньої частин орного шару за вказаних строків спостережень становила відповідно 0,7 і 1,6 % на першому варіанті обробітку, 7,8 і 7,8 – другому, 7,1 і 7,9 % – на третьому.

Вміст водотривких агрегатів в орному шарі ґрунту під соняшником істотно не відрізнявся за досліджуваними варіантами. У фазу сходів і повної стиглості насіння олійної рослини цей показник становив відповідно 64,1 і 66,6 % за полицево-дискового

обробітку, 63,9 і 66,6 – дискового, 63,0 і 65,4 % – нульового.

Істотні відмінності структурного стану ґрунту за варіантами обробітку зафіксовано у різних частинах орного шару. Зокрема, у верхній частині його вміст агрономічно цінних агрегатів у фазах сходів і повної стиглості насіння соняшнику нижчий відповідно на 6,7 і 3,7 % за дискового та 7,5 і 5,6 % за нульового обробітків, ніж на контролі. У нижній частині орного шару спостерігалася зворотна залежність: оструктуреність її на другому і третьому варіантах вища відповідно на 4,9 і 4,3 % у фазу сходів та на 2,5 і 2,4 % у фазу повної стиглості насіння соняшнику. У середній частині орного шару чітко вираженої закономірності змін оструктуреності ґрунту за варіантами обробітку не встановлено.

Середнє значення досліджуваного показника родючості за вегетацію олійної рослини у верхній, середній і нижній частинах орного шару чорнозему типового становило відповідно 66,6; 65,2 і 64,2 % за полицево-дискового обробітку, 61,3; 66,4 і 68,1 – дискового, 60,0; 65,1 і 67,5 % – за нульового обробітку, а в орному шарі – 65,3; 65,3 і 64,2 % відповідно на першому, другому і третьому варіантах.

За полицево-дискового обробітку структурний стан ґрунту у фазу сходів сояшнику закономірно погіршується з глибиною, а у фазу повної стиглості насіння – поліпшується. Перше пов'язано з глибоким обробітком плугом з передплужниками, за якого взаємно переміщуються верхня знеструктурена і нижня оструктурена частини орного шару, друге – кращими умовами утворення агрономічно цінної водотривкої структури завдяки сприятливим факторам гуміфікації саме в нижній частині орного шару упродовж вегетації просапної рослини [16–18]. За дискового і нульового обробітків упродовж вегетації сояшнику досліджуваний показник родючості з глибиною поліпшується.

Профільна диференціація за структурним станом орного шару чорнозему типового впродовж вегетації олійної рослини на першому варіанті зменшувалась, на другому і третьому – зростала. Зокрема, абсолютна різниця вмісту водотривких агрегатів у верхній і нижній частинах орного шару чорнозему типового за полицево-дискового, дискового і нульового обробітків становила відповідно 6,9; 4,7 і 4,9 % у фазу сходів та 2,3; 8,7 і 10,1 % у фазу повної стиглості насіння сояшнику.

Загалом по сівозміні вміст водотривких агрегатів за полицево-дискового, дискового і нульового обробітків на початку вегетації культур становив відповідно 64,1; 58,2 і 57,9 % у верхній частині орного шару, 63,1; 64,4 і 64,1 – середній, 62,4; 64,4 і 64,1 % – у нижній частині, а в орному шарі загалом – 63,2; 62,3 і 62,0 %. На дату збирання культур цей показник у верхній, середній і нижній частинах орного шару становив відповідно 64,7; 65,8 і 66,8 % на першому варіанті, 60,5; 66,7 і 68,4 – другому та 59,7; 66,2 і 68,9 на третьому варіанті, а в шарі ґрунту 0–30 см відповідно 65,8; 65,2 та 64,9 %.

Загалом по сівозміні упродовж вегетації сільськогосподарських рослин оструктуреність шарів ґрунту 0–10, 10–20, 20–30 і 0–30 см становила відповідно 64,4; 64,5; 64,6 і 64,5 % за полицево-дискового обробітку, 59,4; 65,6; 67,0 і 64,0 – дискового, 58,8; 65,2; 67,2 і 63,7 % – за прямої сівби. Абсолютна різниця за вмістом агрономічно цінних водотривких агрегатів у верхній і нижній частинах орного шару за дискового і нульового обробітків майже однакова: 7,6 і 8,4 % відповідно. За полицево-дискового обробітку орний шар гомогенний.

Упродовж вегетації рілних рослин структурний стан орного шару завдяки розвитку кореневих систем і листової поверхні поліпшується: на початку вегетації культур

оструктуреність становила 62,8 %, а наприкінці – 65,3 %.

Слід зазначити, що і на сьогодні залишається дискусійним питання ефективності гомогенного і гетерогенного орного шару та різних частин його (верхнього і нижнього). Реакція рослин на таку будову залежить від їх виду і насамперед кореневої системи. Пропонувалось навіть чергування культур в сівозмінах обґрунтовувати реакцією їх корневих систем на диференціацію орного шару за показниками і умовами родючості ґрунту [34–37]. Агрофізична деградація чорноземів слугувала поштовхом більш глибокого вивчення в останнє десятиліття структурного стану ґрунтів провідними науковцями держави, які всебічно вивчили причини обов'язкової різноякісності орного шару і запропонували окремі заходи щодо її усунення, зокрема, завдяки проведенню періодичної оранки [14, 17, 20].

Щільність будови орного шару чорнозему типового на дату сівби і збирання урожаю сільськогосподарських рослин становила відповідно 1,10 і 1,17 г/см³ за полицево-дискового обробітку, 1,18 і 1,23 – дискового, 1,19 і 1,24 г/см³ – за нульового обробітку. Загалом за період вегетації культур цей показник за вказаними вище варіантами обробітку становив відповідно 1,14; 1,21 і 1,22 г/см³. Отже, зафіксоване зростання об'ємної маси за дискового і нульового обробітків, проте цей показник не перевищив критичного значення (50 %) (табл. 2).

Упродовж вегетації культур щільність складення верхньої, середньої і нижньої частин орного шару ґрунту становила відповідно 1,08; 1,13 і 1,16 г/см³ за полицево-дискового обробітку, 1,13; 1,21 і 1,28 – дискового, 1,09; 1,23 і 1,32 г/см³ – за прямої сівби. Цей показник у зазначених частинах орного шару вищий відповідно на 4,6; 7,1 і 10,3 % за другого та 0,1; 8,8 і 13,8 % – за третього варіантів, ніж на контролі. Він перевищував критичне значення (1,30 г/см³) лише в нижній частині орного шару за дискового і нульового обробітків на дату збирання урожаю.

Упродовж вегетації культур середнє значення щільності будови верхньої частини орного шару за першого, другого і третього варіантів обробітку становило відповідно 1,08; 1,13 і 1,10 г/см³. За дискового і нульового обробітків цей показник вищий відповідно на 4,6 і 1,9 %, ніж на контролі. Істотне зростання його (на 0,06 г/см³) зафіксоване лише на ділянках дискового обробітку за сівби рілних рослин. На решті ділянок дослідів відхилення від контролю неістотні.

Таблиця 2 – Будова різних частин орного шару ґрунту залежно від систем механічного обробітку (пористість вказана у %, а щільність складення в г/см³) (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту	Загальна (V_2), капілярна (V_3) і некапілярна (V_4) пористість, щільність складення (d)	Сівба			Збирання		
		Частини орного шару чорнозему типового, см					
		верхня 0–10	середня 10–20	нижня 20–30	верхня 0–10	середня 10–20	нижня 20–30
Полицево-дисковий (контроль)	V_2	59,7	57,8	55,9	57,5	55,5	52,5
	V_3	35,7	35,3	36,5	35,0	30,2	27,6
	V_4	24,0	22,5	19,4	22,5	25,3	24,9
	d	1,05	1,10	1,15	1,11	1,16	1,24
Дисковий	V_2	57,5	54,4	52,4	55,8	52,9	49,8
	V_3	35,2	34,8	35,6	36,0	34,8	36,2
	V_4	22,3	19,6	16,8	19,8	18,1	13,6
	d	1,11	1,19	1,24	1,15	1,23	1,31
No-till	V_2	59,0	53,6	50,6	57,1	52,1	48,7
	V_3	35,6	35,1	37,4	36,1	34,6	36,2
	V_4	23,4	18,5	13,2	21,0	17,5	12,5
	d	1,07	1,21	1,29	1,12	1,25	1,34
НІР _{0,05}	V_2	2,1	2,7	2,7	2,3	2,6	2,5
	V_3	1,7	1,9	1,7	1,7	2,3	2,6
	V_4	1,3	1,4	1,3	1,4	1,5	1,6
	d	0,06	0,09	0,08	0,05	0,06	0,07

У середній частині орного шару щільність складення ґрунту на дату сівби і збирання урожаю культур сівозміни вища проти контролю відповідно на 0,09 і 0,07 г/см³ (8,2 і 6,0 %) за дискування та 0,11 і 0,09 г/см³ (10,0 і 7,8 %) за прямої сівби. Показник цей не перевищив критичної величини.

У нижній частині орного шару спостерігалась аналогічна закономірність: щільність складення за другого і третього варіантів перевищувала контроль відповідно на 0,09 і 0,14 г/см³ (7,8 і 12,2 %) перед сівбою та 0,07 і 0,10 г/см³ (5,6 і 8,1 %) – перед збиранням.

Найбільший об'єм пор в орному шарі за полищово-дискового обробітку: на дату сівби 57,8 %, збирання 55,2 %, за дискового їх менше відповідно на 3,0 і 2,4 %, за нульового – на 3,4 і 2,6 %, за НІР_{0,05} 2,6 і 2,3 %.

Загальна пористість верхньої частини орного шару практично на одному рівні за полищово-дискового і нульового обробітків: відповідно 58,6 і 58,1 (загалом за вегетацію). За дискування вона менша контролю на 2,2 і 1,7 % відповідно на дату сівби і збирання.

У середній частині орного шару цей показник найвищий на першому варіанті –

54,2 %, на другому і третьому – він нижчий відповідно на 3,1 і 4,5 %.

Істотних змін об'єму капілярних пор у верхній частині орного шару залежно від систем обробітку не зафіксовано: за полищово-дискового, дискового і нульового обробітків цей показник становив відповідно 35,4; 35,6 і 35,9 %. У середній частині орного шару також не виявлено істотних змін, проте лише на дату сівби. А на дату збирання цей показник за дискового і нульового обробітків в середньому на 15 % вищий проти контролю.

На дату сівби капілярна пористість істотно не відрізняється за варіантами обробітку, а на дату збирання її величина на 8,6 % більша за дискування і прямої сівби. Аналогічна закономірність спостерігається і в орному шарі, де цей показник на дату сівби за варіантами обробітку майже однаковий (35,2–36,0 %), а на дату збирання перевищив контроль майже на 5 % за другого і третього варіантів обробітку.

В орному шарі об'єм некапілярних пор за полищово-дискового, дискового і нульового обробітків становив відповідно 22,0; 19,6 і 18,4 % на дату сівби та 24,2; 17,2 і 17,0 % – збирання за НІР_{0,05} 1,5 і 1,7 %.

У верхній частині орного шару цей показник знижувався на дату сівби і збирання за дискового обробітку істотно (відповідно на 1,7 і 2,7 %), а за нульового – істотно лише у другий строк визначення його (на 1,5 %). У середній і нижній частинах орного шару істотно вища некапілярна пористість в обидва строки її визначення за полицево-дискового обробітку. Дисковий обробіток поступався контролю в середньому на 3 і 7 % відповідно перед сівбою і збиранням, а нульовий – на 4–6 і 8–12 %. Проте, слід зазначити, що за жодного випадку цей показник не опускався нижче критичного рівня – 10 %.

У середньому за три роки за полицево-дискового, дискового і нульового обробітків чорнозему типового урожайність пшениці озимої становила відповідно 6,23; 6,11 і 6,07 т, сої – 3,50; 3,50 і 3,56, насіння соняшнику – 3,27; 3,18 і 3,20 т за $HP_{0,05}$ 0,31; 0,26 і 0,22 т.

Висновки. Структурний стан орного шару чорнозему типового за полицево-дискового, дискового і нульового обробітків істотно не відрізнявся за варіантами обробітку. За дискового і нульового обробітків виразно простежується диференціація (гетерогенність) орного шару за оструктуреністю різних його частин (0–10, 10–20, 20–30 см). Вміст водотривких агрегатів у верхній частині орного шару (0–10 см) істотно вищий за полицево-дискового обробітку, у нижній (20–30 см) – за прямої сівби.

Об'ємна маса орного шару істотно вища, а загальна пористість – істотно нижча за дискового і нульового обробітків, проте ці показники не перевищували критичних значень – 1,30 г/см³ і 50 % відповідно.

Загальна пористість верхньої частини орного шару не зазнавала істотних змін, а середньої і нижньої – зменшувалася за дискового і нульового обробітків.

Капілярна пористість орного шару практично на одному рівні в досліджуваних варіантах обробітку на дату сівби та істотно вища за дискування і прямої сівби на дату збирання урожаю. У середній і нижній частинах орного шару цей показник на дату збирання істотно зростає за дискового і нульового обробітків.

Зафіксоване зменшення некапілярної пористості ґрунту за дискування і прямої сівби в шарах 0–10, 10–20, 20–30 і 0–30 см.

Урожайність культур істотно не змінювалася за варіантами обробітку, що вказує на можливість прямої сівби в необроблений ґрунт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Землеробство: підручник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 45–55.
2. Ерозієзнавство: підручник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2024. 119 с., С. 156–160.
3. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. Агрофізика ґрунту: підручник. Київ: НУБіП України, 2021. 472 с.
4. Панас Р.М. Екологія ґрунтів: навч. посіб. Львів: «Новий світ», 2020. С. 105–110.
5. Петренко Л.Р., Вітвіцький С.В., Булигін С.Ю., Богданович Р.П. Управління ґрунтовими режимами: підручник. Київ: «Компринт», 2017. 366 с.
6. Системи зберігаючого землеробства: No-till і Strip-till / М.П. Косолап та ін. Київ: НУБіП України, 2023. 377 с.
7. Медведев В.В. Структура ґрунту (методи, генезис, класифікація, еволюція, географія, моніторинг, охорона). Харків: «13 типографія», 2008. 406 с.
8. Медведев В.В. Фізичні властивості та обробіток ґрунту в Україні. Харків: Городська типографія, 2013. 224 с.
9. Медведев В.В., Булигін С.Ю., Булигіна М.Е. Сучасні системи землеробства і проблема обробітку ґрунту. Агроекологічний журнал. 2017. № 2. С. 127–134. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2017.220168
10. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-till: навч. посіб. Київ: Логос, 2011. 352 с.
11. Системи землеробства: історія їх розвитку і наукові основи / І.Д. Примака та ін. Біла Церква, 2004. С. 61–70, 141–150.
12. Маловідомі факти наукової спадщини О.О. Ізмайльського (до 170-річчя з дня народження) / І.Д. Примака та ін. Агробіологія. 2022. № 1. С. 79–84. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-53-62
13. Примака І.Д. Еволюція систем землеробства в Україні: монографія / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. С. 282–289.
14. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Танчик С.П., Надикто В.Т. Сучасні проблеми оранки як особливого прийому обробітку ґрунту. Вісник аграрної науки. 2016. № 1. С. 5–10. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2016_01_01.pdf
15. Примака І.Д. Теоретичні основи сучасного землеробства / І.Д. Примака та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2012. С. 238–263.
16. Вільямс В.Р. Ґрунтознавство. Землеробство з основами ґрунтознавства. Харків: Держсільгоспвидав, 1948. 444 с.
17. Камінський В.Ф., Адамчук В.В., Булгаков В.М., Надикто В.Т. Агроінженерні підходи щодо збереження родючості ґрунтів. Вісник аграрної науки. 2021. № 11. С. 5–16. DOI: 10.31073/agrovisnyk202111-01
18. Надикто В.Т. Механіко-технологічні основи оранки. Вісник аграрної науки. 2012. № 4. С. 28–30.

19. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в польових сівозмінах Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2015. 41 с.
20. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, 2019. 209 с.
21. Центилю Л.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агроценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.
22. Циліурік О.І. Наукове обґрунтування ефективності систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Північного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2014. 41 с.
23. Танчик С.П., Цюк О.А., Центилю Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД", 2015. 314 с.
24. Influence of fertilizing and tillage systems on humus content of typical chernozem / M. Voitovyk et al. *Agraarteaus*. 2023. 1. P. 44–50.
25. Changes in the hardness and moisture capacities of a typical black soil in the agroecose of winter wheat and sunflower / M. Voitovyk et al. *Journal of Central European Agriculture*. 2023. 24(3). P. 713–721.
26. Черячукін М.І. Наукове обґрунтування та розроблення заходів основного обробітку ґрунту в зональних системах землеробства Правобережного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2016. 51 с.
27. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / О.В. Демиденко та ін. Сміла, 2019. С. 412–419.
28. Новохацький М., Ненужний О. Зміна врожайності гороху під впливом різних систем обробітку ґрунту. *Агроном*. 2025. № 1. С. 66–67. URL: <https://www.agronom.com.ua/zmina-vrozhajnosti-gorohu-pid-vplyvom-riznyh-sistem-obrobitku-gruntu/>
29. Фурманець М., Фурманець Ю. Забур'янення посівів сої під впливом систем обробітку ґрунту та удобрення. *Агроном*. 2023. № 3. С. 72–74. URL: <https://www.agronom.com.ua/zabur-yanennya-posiviv-soyi-pid-vplyvom-sistem-obrobitku-gruntu-ta-udobrennya/>
30. Демиденко О.В. Структурний стан чорноземів Лісостепу за агрогенного впливу. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 4. С. 5–14. DOI: 10.31073/agrovisnyk202004-01
31. Пліско І.В., Уваренко К.Ю., Крилач С.І., Накісько С.Г. Закономірності прояву фізичної деградації в орних ґрунтах України та регіони підвищеного її ризику. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 10. С. 5–13. DOI: 10.31073/agrovisnyk202110-01
32. Медведєв В.В., Лактіонова Т.М. Ґрунтово-технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь і ходових систем машинно-тракторних агрегатів. Харків: КП «Друкарня № 13», 2008. 68 с.
33. Землеробство: навч. посіб. / С.П. Танчик та ін. Київ: ЦП «Компринт», 2022. С. 30–35, С. 38–41.
34. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полицевого до безполицевого і поверхневого та нульового обробітків ґрунту в Україні з середини першої половини 20 ст. до сьогодення / І.Д. Примак та ін. *Агробіологія*. 2018. № 2. С. 6–17. URL: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/prymak_2_2018.pdf
35. Коломієць М.В. Оптимізація обробітку ґрунтів Лісостепу: наукові і прикладні аспекти. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 1. С. 12–16.
36. Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства: навч. посіб. / І.Д. Примак та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2021. С. 248–251.
37. Попов Ф.А. Проблеми обробітку ґрунту. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1975. № 8. С. 24–32.

REFERENCES

1. Prymak, I.D., Yezerkovska, L.V., Fedoruk, Yu.V. (2020). *Zemlerobstvo: pidruchnyk* [Agriculture]. Vinnytsia, LLC TVORY, pp. 45–55.
2. Prymak, I.D., Fedoruk, Yu.V., Pokotylo, I.A. (2024). *Eroziiestnavstvo: pidruchnyk* [Erosion science]. Vinnytsia, LLC TVORY, 119 p., pp. 156–160.
3. Bulyhin, S.Yu., Vitvitskyi, S.V. (2021). *Ahrofizyka gruntu: pidruchnyk* [Agrophysics of soil]. Kyiv, NUBiP Ukrainy, 472 p.
4. Panas, R.M. (2020). *Ekolohiia gruntiv: navch. posib.* [Soil ecology]. Lviv, New world, pp. 105–110.
5. Petrenko, L.R., Vitvitskyi, S.V., Bulyhin, S.Yu., Bohdanovych, R.P. (2017). *Upravlinnia gruntovymy rezhymamy: pidruchnyk* [Management of soil regimes]. Kyiv, Komprynt, 366 p.
6. Kosolap, M.P., Krotinov, O.P., Ivaniuk, M.F. (2023). *Systemy zberihaiuchoho zemlerobstva: No-till i Strip-till* [Conservation agriculture systems: No-till and Strip-till]. Kyiv, NUBiP Ukrainy, 377 p.
7. Medvediev, V.V. (2008). *Struktura gruntu (metody, henezys, klasyfikatsiia, evoliutsiia, heohrafiia, monitorynh, okhorona)* [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. Kharkiv, Typohrafiia 13, 406 p.
8. Medvediev, V.V. (2013). *Fizychni vlastyvo-sti ta obrobitok gruntu v Ukraini* [Physical properties and tillage of soil in Ukraine]. Kharkiv, City typography, 224 p.
9. Medvediev, V.V., Bulyhin, S.Yu., Bulyhina, M.E. (2017). *Suchasni systemy zemlerobstva i problema obrobitku gruntu* [Modern farming systems and the problem of soil tillage]. *Ahroekolohichniy zhurnal* [Agroecological Journal]. no. 2, pp. 127–134. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2017.220168
10. Kosolap, M.P., Krotinov, O.P. (2011). *Systema zemlerobstva No-till: navch. posib.* [No-till farming system]. Kyiv, Lohos, 352 p.
11. Prymak, I.D., Verhunov, V.A., Rozhko, V.H. (2004). *Systemy zemlerobstva: istoriia yikh rozvytku i naukovy osnovy* [Farming systems: history of their development and scientific principles]. Bila Tserkva, pp. 61–70, pp. 141–150.

12. Prymak, I.D., Prysiazniuk, N.M., Fedoruk, Yu.V. (2022). Malovidomi fakty naukovoї spadshchyny O.O. Izmailskoho (do 170-richchia z dnia narodzhennia) [Little-known facts of O.O. Izmailsky's scientific heritage (to the 170th anniversary of his birth)]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*. no. 1, pp. pp. 79–84. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-53-62.
13. Prymak, I.D., Tsyuk, O.A., Martyniuk, I.V. (2022). Evoliutsiia system zemlerobstva v Ukraini: monohrafiia [Evolution of farming systems in Ukraine]. Vinnytsia, LLC TVORY, pp. 282–289.
14. Adamchuk, V.V., Bulhakov, V.M., Tanchyk, S.P., Nadykto, V.T. (2016). Suchasni problemy oranky yak osoblyvoho pryomu obrobittu gruntu [Modern problems of plowing as a special tillage technique]. *Visnyk ahrranoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*. no. 1, pp. 5–10.
Available at: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2016_01_01.pdf
15. Prymak, I.D., Riaba, O.I., Kupchik, V.I. (2012). Teoretychni osnovy suchasnoho zemlerobstva [Theoretical foundations of modern agriculture]. Kyiv, Educational Literature Center, pp. 238–263.
16. Viliams, V.R. (1948). Gruntoznastvo. Zemlerobstvo z osnovamy gruntoznastva [Soil science. Agriculture with basics of soil science]. Kharkiv, Derzhsilhospyvdav, 444 p.
17. Kaminskyi, V.F., Adamchuk, V.V., Bulhakov, V.M., Nadykto, V.T. (2021). Ahroinzherni pidkhody shchodo zberezhenia rodiuchosti gruntiv [Agroengineering approaches to preserving soil fertility]. *Visnyk ahrranoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*. no. 11, pp. 5–16. DOI: 10.31073/agrovisnyk202111-01
18. Nadykto, V.T. (2012). Mekhaniko-tekhnohichni osnovy oranky [Mechanical and technological bases of plowing]. *Visnyk ahrranoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*. no. 4, pp. 28–30.
19. Shevchenko, M.V. (2015). Naukovi osnovy system obrobittu gruntu v polovykh sivozminakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Scientific principles of soil tillage systems in field rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Dnipropetrovsk, 41 p.
20. Shevchenko, M.V. (2019). Naukovi osnovy system obrobittu gruntu v umovakh nestiikoho ta nedostatnoho zvolozhennia: monohrafiia [Scientific bases of soil tillage systems under unstable and insufficient moisture]. Kharkiv, KhNAU, 209 p.
21. Tsentylo, L.V. (2020). Ahroekolohichni osnovy vidtvorennia rodiuchosti chornozemu typovoho ta pidvyshchennia produktyvnosti ahrotsenoziv Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agroecological bases of reproduction of typical chernozem fertility and productivity of agroecosystems in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: Abstract of the dissertation of Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Kyiv, 41 p.
22. Tsyliuryk, O.I. (2014). Naukove obgruntuvannia efektyvnosti system osnovnoho obrobittu gruntu v korotkorotatsiinykh sivozminakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation of tillage systems efficiency in short-rotation crop rotations of the Northern Steppe of Ukraine Abstract of the dissertation of Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Dnipropetrovsk, 41 p.
23. Tanchyk, S.P., Tsyuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva: monohrafiia [Scientific principles of farming systems: monograph]. Vinnytsia, Nilan-LTD, 314 p.
24. Voitovyk, M., Butenko, A., Prymak, I., Mishchenko, Y., Tkachenko, M., Tsyuk, O., Panchenko, O., Sleptsov, Y., Kopylova, T., Havryliuk, O. (2023). Influence of fertilizing and tillage systems on humus content of typical chernozem. *Agraarteadus*. no. 1, pp. 44–50.
25. Voitovyk, M., Prymak, I., Tsyuk, O., Sleptsov, Y., Panchenko, O. (2023). Changes in the hardness and moisture capacities of a typical black soil in the agroecose of winter wheat and sunflower. *Journal of Central European Agriculture*. no. 24(3), pp. 713–721.
26. Cheriachukin, M.I. (2016). Naukove obgruntuvannia ta rozroblennia zakhodiv osnovnoho obrobittu gruntu v zonalnykh systemakh zemlerobstva Pravoberezhnoho Stepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation and development of main tillage measures in zonal farming systems of the Right-Bank Steppe of Ukraine: Abstract of the dissertation of Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Kyiv, 51 p.
27. Demydenko, O.V., Boiko, P.I., Blashchuk, M.I. (2019). Sivozminy ta rodiuchist chornozemu Livoberezhnoho Lisostepu: monohrafiia [Crop rotations and fertility of chernozem in the Left-Bank Forest-Steppe]. Smila, pp. 412–419.
28. Novokhatskyi, M., Nenuzhnyi, O. (2025). Zmina vrozhaivosti horokhu pid vplyvom riznykh system obrobittu gruntu [Change in pea yield under the influence of different tillage systems]. *Ahronom [Agronomist]*. no. 1, pp. 66–67. Available at: <https://www.agronom.com.ua/zmina-vrozhaivosti-gorokhu-pid-vplyvom-riznykh-system-obrobittu-gruntu/>
29. Furmanets, M., Furmanets, Yu. (2023). Zaburianennia posviv soi pid vplyvom system obrobittu gruntu ta udobrennia [Weed infestation of soybean crops under the influence of tillage and fertilization systems]. *Ahronom [Agronomist]*. no. 3, pp. 72–74. Available at: <https://www.agronom.com.ua/zabur-yanennia-posviv-soyi-pid-vplyvom-system-obrobittu-gruntu-ta-udobrennia/>
30. Demydenko, O.V. (2020). Strukturnyi stan chornozemiv Lisostepu za ahroennogo vplyvu [Structural state of chernozems of the Forest-Steppe under agrogenic influence]. *Visnyk ahrranoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*. no. 4, pp. 5–14. DOI: 10.31073/agrovisnyk202004-01
31. Plisko, I.V., Uvarenko, K.Yu., Krylach, S.I., Nakisko, S.H. (2021). Zakonomirnosti proiavu fizychnoi dehradatsii v ornykh gruntakh Ukrainy ta rehiony pidvyshchenoho yii ryzyku [Regularities of physical degradation in arable soils of Ukraine and regions of its increased risk]. *Visnyk ahrranoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*. no. 10, pp. 5–13. DOI: 10.31073/agrovisnyk202110-01

32. Medvediev, V.V., Laktionova, T.M. (2008). Gruntovo-tekhnologichni vymohy do gruntoobrobnykh znariad i khodovykh system mashynno-traktornykh ahrehativ [Soil-technological requirements for tillage tools and wheel systems of machine-tractor units]. Kharkiv, KP "Printing House No 13", 68 p.

33. Tanchyk, S.P. (2022). Zemlerobstvo: navch. posib. [Agriculture]. Kyiv, Kompyrnt, pp. 30–35, 38–41.

34. Prymak, I.D., Panchenko, O.B., Voitovyk, M.V. (2018). Evoliutsiia teoretychnykh i praktychnykh osnov perekhodu vid polysievoho do bezpolysievoho i poverkhniovoho ta nulovoho obrobittiv gruntu v Ukraini z seredyny pershoi polovyny XX st. do sohodennia [Evolution of theoretical and practical bases of transition from plow to non-plow, shallow and zero tillage in Ukraine since the first half of the 20th century]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 2, pp. 6–17. Available at: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/prymak_2_2018.pdf

35. Kolomiets, M.V. (1998). Optymizatsiia obrobittu gruntiv Lisostepu: naukovy i prykladni aspekty [Optimization of tillage in the Forest-Steppe: scientific and applied aspects]. Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]. no. 1, pp. 12–16.

36. Prymak, I.D., Martyniuk, I.V., Fedoruk, Yu.V. (2021). Naukovy osnovy suchasnykh system vitchyznianoho zemlerobstva: navch. posib. [Scientific foundations of modern domestic farming systems]. Vinnytsia, LLC TVORY, pp. 248–251.

37. Popov, F.A. (1975). Problemy obrobittu gruntu [Problems of soil tillage]. Visnyk silskohospodarskoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 8, pp. 24–32.

The possibility of minimizing mechanical cultivation when changing the agrophysical and ecological factors of typical black soil fertility

Voytovik M., Primak I., Kachan L., Panchenko O., Obrazhiy S.

Three-year (2023–2025) studies on typical medium-loamy chernozem at “Mriya” LLC in Bila Tserkva district of Kyiv region, within a three-field crop rotation, have established that the structural condition of the arable layer of typical chernozem under plough-disk, disk, and no-till treatments did not differ significantly between tillage options. Under disk and no-till

treatments a clear differentiation (heterogeneity) of the arable layer was observed in terms of structural condition across its different parts (0–10, 10–20, 20–30 cm). The content of water-resistant aggregates in the upper part of the arable layer (0–10 cm) was significantly higher under plough-disk tillage, while in the lower part (20–30 cm) it was higher under direct seeding.

The absolute difference in the structural condition of the upper (1–10 cm) and lower (20–30 cm) parts of the arable layer during the tillering and full ripeness stages of winter wheat amounted to 2.5 and 2.3 %, respectively, under plow-disk tillage; 9.3 and 7.2 % under disk tillage; and 11.0 and 9.7 % under direct sowing.

The bulk density of the arable layer was significantly higher, and total porosity was significantly lower under disk and no-till tillage; however, these values did not exceed critical thresholds – 1.30 g/cm³ and 50 %, respectively.

The bulk density exceeded the critical value only in the lower part of the arable layer (20–30 cm) under disk and zero tillage at the time of crop harvesting in the crop rotation.

The total porosity of the upper part of the arable layer did not undergo significant changes, while in the middle and lower parts it decreased under disk and no-till tillage.

Capillary porosity of the arable layer was practically at the same level in tillage variants at sowing date, but was significantly higher under disk tillage and direct seeding at harvest time. In the middle and lower parts of the arable layer, this indicator significantly increased under disk and zero-tillage.

A decrease in non-capillary porosity of the soil was recorded under disking and direct sowing in the 0–10, 10–20, 20–30, and 0–30 cm layers.

Crop yield did not significantly change depending on the treatment option, indicating the possibility of direct sowing into uncultivated soil. On average over three years, the typical yield for shelf-disk, disk, and zero tillage of typical chernozem amounted to 6.23, 6.11, and 6.07 t/ha for winter wheat; 3.50, 3.50, and 3.56 t/ha for soybean; and 3.27, 3.18, and 3.20 t/ha for sunflower, with $HIP_{0.05}$ values of 0.31, 0.26, and 0.22 t/ha, respectively.

Key words: typical chernozem, crop rotation, tillage, structure, structural density, porosity, yield.



Copyright: Войтовик М.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Войтовик М.В.
Примак І.Д.
Качан Л.М.
Панченко О.Б.
Образій С.В.

<https://orcid.org/0000-0002-8604-2193>
<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>
<https://orcid.org/0000-0001-5374-3252>
<https://orcid.org/0000-0001-8130-0811>
<https://orcid.org/0000-0002-30532-6655>

АГРОНОМІЯ

УДК 579.841.3:631.847:635.652:502.22:551.577.38

**Стійкість симбіозу *Rhizobium leguminosarum*-*Pisum sativum*
за дії полісахаридно-білкового комплексу
в умовах штучної посухи**

Ворона О.В. , **Козар С.Ф.** 

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
Національний університет «Чернігівська політехніка»*

 E-mail: Ворона О.В. alexvoronaia@ukr.net



Ворона О.В., Козар С.Ф. Стійкість симбіозу *Rhizobium leguminosarum*-*Pisum sativum* за дії полісахаридно-білкового комплексу в умовах штучної посухи. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 19–28.

Voronaia O., Kozar S. Stability of *Rhizobium leguminosarum*-*Pisum sativum* symbiosis under the action of PPC under conditions of artificial drought. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 19–28.

Рукопис отримано: 03.09.2025 р.

Прийнято: 18.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-19-28

З огляду на кліматичні зміни та часті посухи актуальним є пошук способів підвищення виживаності *Rhizobium leguminosarum* у навколонуасіннєвій зоні за передпосівної інокуляції насіння, що забезпечить формування стійкішого бобово-ризобіального симбіозу.

Досліджено вплив полісахаридно-білкового комплексу (ПБК) на ефективність бактеризації насіння активними штамми *R. leguminosarum* в умовах недостатнього зволоження. Порівняно збереженість бульбочкових бактерій після бактеризації та оцінено її вплив на розвиток рослин і азотфіксувальну активність за оптимального (60 % повної вологоємності, ПВ) та низького (30 % ПВ) зволоження.

Метою дослідження було визначення виживаності бульбочкових бактерій у навколонуасіннєвій зоні та оцінка впливу бактеризації насіння гороху (*Pisum sativum* L.) з ПБК на утворення й масу бульбочок, азотфіксацію та початковий ріст рослин за штучної посухи.

Використані методи: мікробіологічні, фізіологічні, хроматографічні та статистичні.

Отримані дані показали, що бактеризація гороху сорту Царевич активними штамми *R. leguminosarum* позитивно впливає на ріст рослин. Виявлено залежність збереження бактерій у навколонуасіннєвій зоні від рівня зволоження та штаму інокулянта.

За поєднання бактеризації з ПБК виживаність бактерій була вищою, що супроводжувалося більшою масою бульбочок і вищою азотфіксацією. Встановлено, що всі показники функціонування симбіозу *R. leguminosarum*–*Pisum sativum* за посухи знижувалися порівняно з оптимальними умовами.

Найефективнішою була інокуляція насіння гороху сорту Царевич штамом *R. leguminosarum* Г222 у поєднанні з ПБК, яка забезпечила найбільше збільшення кількості й маси бульбочок, а також високі показники азотфіксації як за оптимального, так і недостатнього зволоження.

Ключові слова: *Rhizobium leguminosarum*, біологічна азотфіксація, бобово-ризобіальний симбіоз, штучна посуха, полісахаридно-білковий комплекс (ПБК).

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Зміна клімату, яка постійно відбувається на планеті, належить до найважливіших чинників, які впливають на життя та розвиток людства [1]. Особливої уваги в цьому контексті заслуговує сільське господарство, адже саме воно є найбільш вразливим до коливань температури та кількості опадів. Функціонування галузі землеробства загалом, а також величина врожаю сільськогосподарських культур залежать від агрокліматичних умов, зокрема рівня тепло- і вологозабезпеченості [2]. Це обумовлено тим, що зміна температурного режиму, а також інтенсивності зволоження безпосередньо впливає на біохімічні процеси, швидкість росту і розвитку рослин, а також на їх продуктивність в агроценозах [3, 4].

Водний режим є особливо значущим серед абіотичних чинників. Водозабезпечення впливає на формування врожаю бобових культур, включаючи горох [5]. Дефіцит вологи [6, 7, 8] або, навпаки, її надлишок [6] негативно впливають на рослину і на специфічні бульбочкові бактерії, які розвиваються на її корінні. Вважається, що оптимальною для формування та функціонування симбіотичної системи рослина-діазотроф є вологість на рівні 60–70 % від повної вологоємності [9]. У бобових культур у роки посухи значно зменшується активність азотфіксації, а також уповільнюється поглинання мінерального азоту. Зокрема за умов надлишку або нестачі вологи у симбіотичних діазотрофів порушується респіраторна функція, що призводить до зменшення їх чисельності в екотопі [10, 11]. Важливість досліджень у цій сфері визначається низькою стійкістю бульбочкових бактерій до водного стресу.

Формування бобово-ризобіального симбіозу є ключовою умовою забезпечення високого рівня азотфіксації [12]. Проте його потенціал у взаємодії з аборигенними ризобіями обмежений низькою активністю останніх або їх недостатньою кількістю у зоні проростання насіння [13–15]. Водночас численні абіотичні чинники додатково регулюють взаємовідносини специфічних бульбочкових бактерій з відповідною бобовою культурою [3, 6]. Часто ці чинники визначають інтенсивність утворення симбіозу і відіграють вирішальну роль у реалізації потенційних можливостей симбіонтів та у загальній ефективності симбіотичної системи [16–18]. У зв'язку з цим вивчення симбіотичних діазотрофів, їх здатності до утворення бульбочок, рівня азотфіксувальної активності та

впливу на ріст і розвиток рослин має бути комплексним [19, 20].

Важливим завданням є пошук способів адаптації бобово-ризобіального симбіозу до посухи. Одним з найбільш ефективних рішень є передпосівна бактеризація насіння біопрепаратами на основі ефективних штамів бульбочкових бактерій. Цей агрозахід не лише підвищує врожайність культур, а також насичує ґрунт специфічними діазотрофами, які утворюють ефективніший, у порівнянні з аборигенними азотфіксувальними бактеріями, симбіоз із рослинами [21].

Інтродукція корисних бактерій у ґрунт здійснюється методом інокуляції насіння [22–24]. При цьому проміжок часу від висіву бактеризованого насіння до проростання кореня рослини є критичним для діазотрофів [25]. Тому особливої актуальності набуває розробка та впровадження у практику комплексних біологічних препаратів, здатних забезпечувати утримання і виживання бактерій на насінні. Йдеться про підвищення їх здатності закріплюватися на насінні після потрапляння у ґрунт і про збереження життєздатності на інокульованому матеріалі. Це завдання вирішується завдяки використанню липкогенних плівкоутворювачів (прилипачів), що мають полісахаридну або білкову природу.

Метою досліджень було дослідити вплив передпосівної бактеризації насіння гороху посівного штамми *R. leguminosarum* у поєднанні з ПБК на збереженість бактерій у навколонуасіннєвій зоні, утворення бульбочок, азотфіксувальну активність і ріст рослин в умовах штучної посухи.

Матеріал і методи дослідження. Досліджували рослини гороху (*Pisum sativum* L.) сорту Царевич та активні штами бульбочкових бактерій *R. leguminosarum* 250 а, *R. leguminosarum* 31 та *R. leguminosarum* Г 222. Штами *R. leguminosarum* 250 а та *R. leguminosarum* 31 отримані з колекції корисних ґрунтових мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Новий штам *R. leguminosarum* Г 222 виділений в лабораторії фізіології мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Для досліджень використовували суспензію клітин бактерій симбіотичних діазотрофів, яку отримували за допомогою вирощування їх у рідкому поживному середовищі на основі горохового відвару за умов періодичного культивування на качалках за 220 об./хв за температури $+28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Перед бактеризацією насіння стерилізували 3 % розчином перекису водню впродовж 15 хв і промивали дистильованою водою [26].

Для подовження збереженості мікроорганізмів застосовували раніше підібраний полісахаридно-білковий комплекс [27], який складається з полісахаридів (альгінат натрію, крохмаль) і речовин білкової природи (желатин).

Інокуляцію насіння проводили бактеріальною суспензією з розрахунку 2×10^5 клітин на насінину. Насіння висівали у стерильний пісок через 2 години після інокуляції.

Для вивчення впливу бактеризації на утворення бульбочок і їх активність, масу та біометричні показники рослин вирощували горох у дволітрових посудинах в піщаній культурі із внесенням поживного розчину, що містить (на 1 л) $1,00 \text{ г Ca(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $0,25 \text{ г KNO}_3$, $0,20 \text{ г KH}_2\text{PO}_4$, $0,25 \text{ г MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0,25 \text{ г (NH}_4)_2\text{SO}_4$ та комплекс мікроелементів: $2,86 \text{ мг H}_3\text{BO}_3$, $1,81 \text{ мг MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $0,22 \text{ мг ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0,08 \text{ мг CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $0,02 \text{ мг Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $4,98 \text{ мг FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Посуху створювали контрольованим поливом упродовж проведення дослідів. Повторність – 6-кратна.

Вивчали збереженість бульбочкових бактерій у навколонасіннєвій зоні за температури $+20^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$, за оптимальної (60 % повної вологості (ПВ)) та недостатньої вологості (30 % ПВ). Кількість бактерій у навколонасіннєвій зоні визначали впродовж 5 діб загальноприйнятими мікробіологічними методами [28, 29].

Схема дослідів:

Блок I

1. Контроль (без бактеризації) (60 % ПВ).
2. Обробка насіння ПБК (60 % ПВ).
3. Бактеризація *R. leguminosarum* 250 а (60 %).
4. Бактеризація *R. leguminosarum* 250 а сумісно з ПБК (60 % ПВ).
5. Бактеризація *R. leguminosarum* 31 (60 % ПВ).
6. Бактеризація *R. leguminosarum* 31 сумісно з ПБК (60 % ПВ).
7. Бактеризація *R. leguminosarum* Г 222 (60 %).
8. Бактеризація *R. leguminosarum* Г 222 сумісно з ПБК (60 %).

Блок II

1. Посуха (без бактеризації) (30 % ПВ).
2. Обробка насіння ПБК (30 % ПВ).
3. Бактеризація *R. leguminosarum* 250 а (30 % ПВ).

4. Бактеризація *R. leguminosarum* 250 а сумісно з ПБК (30 % ПВ).

5. Бактеризація *R. leguminosarum* 31 (30 % ПВ).

6. Бактеризація *R. leguminosarum* 31 сумісно з ПБК (30 % ПВ).

7. Бактеризація *R. leguminosarum* Г 222 (30 %).

8. Бактеризація *R. leguminosarum* Г 222 сумісно з ПБК (30 %).

Активність азотфіксації мікроорганізмів визначали ацетиленовим методом [30] на газовому хроматографі Chrom – 4 з полум'яно-іонізаційним детектором на колонці з β – β – диоксипропіонітилом.

Усі результати оброблено статистично за загальноприйнятою методикою [31].

Результати дослідження та обговорення. У результаті проведення досліджень виявлено, що виживаність інтродукованих бактерій *R. leguminosarum* у навколонасіннєвій зоні залежить як від вологості ґрунту, так і штаму інокулянта. Дані наведені на рисунку 1 свідчать про те, що за дії ПБК за сумісної передпосівної бактеризації на першу добу потрапляння насіння у субстрат за нормальної вологості (60 % ПВ) виживаність бактерій *R. leguminosarum* перевищувала кількість бактерій у ґрунті за умов водного дефіциту у 1,9 рази. На 3-тю добу різниця у чисельності мікроорганізмів за дії ПБК та без застосування комплексу за нормальних умов (60 % ПВ) становила 38,1 %.

В умовах штучної посухи (30 % ПВ) за передпосівної бактеризації уже на першу добу кількість життєздатних клітин бактерій на насінні різко знижувалась, однак за сумісного застосування ПБК та передпосівної бактеризації за тих же умов виживаність становить на 30,9 % більше, ніж у варіантах без застосування ПБК.

На четверту добу після потрапляння інокульованого насіння у субстрат за 30 % ПВ без застосування ПБК життєздатних клітин *R. leguminosarum* не виявлено.

ПБК сприяє кращому збереженню бактерій *R. leguminosarum* в навколонасіннєвій зоні за умов оптимального (60 % ПВ) та недостатнього водозабезпечення (30 %). Кращу збереженість клітин *R. leguminosarum* за дії ПБК можна пояснити тим, що він захищає бактерії від несприятливого впливу зовнішнього середовища, а також слугує для бактерій роду *Rhizobium* джерелом поживних речовин в умовах водного стресу, спричиненого посухою.

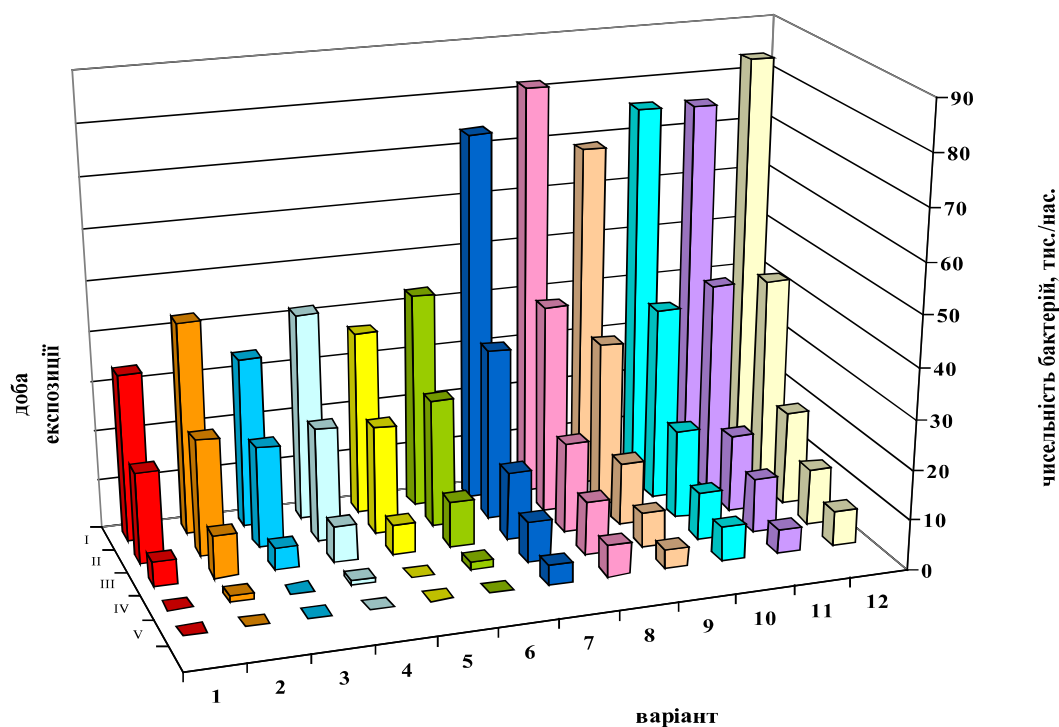


Рис. 1. Виживаність *R. leguminosarum* за дії ПБК на насінні гороху посівного у субстраті за умов штучної посухи.

Умовні позначення:

- 1 – *R. leguminosarum* 250 а 30 % ПВ; 2 – *R. leguminosarum* 250 а+ПБК 30 % ПВ;
 3 – *R. leguminosarum* 31 30 % ПВ; 4 – *R. leguminosarum* 31+ПБК 30 % ПВ;
 5 – *R. leguminosarum* Г 222 30 % ПВ; 6 – *R. leguminosarum* Г 222+ПБК 30 % ПВ;
 7 – *R. leguminosarum* 250 а 60 % ПВ; 8 – *R. leguminosarum* 250 а+ПБК 60 % ПВ;
 9 – *R. leguminosarum* 31 60 % ПВ; 10 – *R. leguminosarum* 31+ПБК 60 % ПВ;
 11 – *R. leguminosarum* Г 222 60 % ПВ; 12 – *R. leguminosarum* Г 222+ПБК 60 % ПВ.

Впродовж усього періоду спостережень кількість бульбочок, сформованих на коренях рослин гороху різними за активністю штамами *R. leguminosarum* в умовах штучної посухи, була меншою, ніж у відповідних рослин, які росли за оптимального водозабезпечення 60 % ПВ (табл. 1). Зокрема у варіантах з недостатньою (30 % ПВ) вологістю кількість сформованих бульбочок у рослин в усіх дослідних варіантах помітно зростала за використання ПБК. За нодуляційною активністю найменш чутливим до стресових умов, які зумовлені недостатнім водозабезпеченням (30 % ПВ), виявився штам *R. leguminosarum* Г 222.

Виявлено, що маса рослин залежить від умов водозабезпечення, бактеризації та використання ПБК. Зокрема, маса рослин вирощених за 60 % ПВ за сумісного застосування ПБК та бактеризації була на 24,8 % більшою за варіанти бактеризації без застосування комплексу. За умов недостатнього водоза-

безпечення (30 % ПВ) суха маса рослин була на 27,6 % більшою у варіантах із застосуванням ПБК. Найбільший приріст маси рослин як за оптимальних, так і посушливих умов спостерігається у варіантах з бактеризацією штамом *R. leguminosarum* Г 222 сумісно з ПБК (табл. 1).

Більша кількість міжвузлів у рослин спостерігається за бактеризації за дії ПБК за 60 % ПВ, ніж в умовах недостатнього водозабезпечення. За недостатнього водозабезпечення (30 % ПВ) рослин гороху маса бульбочок на їх коренях була меншою, ніж на коренях рослин, вирощених за оптимального поливу (60 % ПВ).

Найбільша кількість міжвузлів утворювалася у разі застосування штаму *R. leguminosarum* Г 222 за сумісного застосування ПБК за нормального водозабезпечення (60 % ПВ) і перевищувала контроль на 47,84 % (табл. 1).

Таблиця 1 – Вплив штамів *R. leguminosarum* за дії ПБК на ріст рослин гороху посівного сорту Царевич в умовах штучної посухи (вегетаційний дослід, фаза цвітіння)

Варіант	Висота рослин, см		Кількість міжвузлів, од.		Суха вегетативна маса рослин, г/рослину	
	60 % ПВ	30 % ПВ	60 % ПВ	30 % ПВ	60 % ПВ	30 % ПВ
Контроль (без обробки)	44,33 ± 1,28	35,20 ± 1,19	11,67 ± 1,06	10,33 ± 0,33	2,001 ± 0,032	1,670 ± 0,033
ПБК	46,44 ± 1,20	37,67 ± 0,84	12,58 ± 0,58	10,77 ± 0,98	2,089 ± 0,012	1,701 ± 0,017
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 250 а	60,75 ± 1,31	51,20 ± 1,04	15,9 ± 0,38	11,90 ± 0,91	2,458 ± 0,046	1,775 ± 0,027
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 250 а + ПБК	64,88 ± 1,21	54,11 ± 1,07	17,0 ± 0,48	15,55 ± 0,39	3,208 ± 0,031	2,347 ± 0,032
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 31	57,36 ± 1,28	48,67 ± 1,09	15,0 ± 0,25	11,69 ± 0,23	1,690 ± 0,099	2,303 ± 0,034
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 31 + ПБК	62,89 ± 1,29	52,33 ± 0,64	16,8 ± 0,18	15,33 ± 0,26	3,134 ± 0,064	2,266 ± 0,037
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г 222	66,07 ± 1,46	56,08 ± 1,14	16,32 ± 0,28	14,88 ± 0,15	2,694 ± 0,055	2,108 ± 0,036
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г 222 + ПБК	69,79 ± 1,15	61,11 ± 1,17	17,3 ± 0,36	15,75 ± 0,24	3,446 ± 0,044	2,572 ± 0,025

У всіх дослідних варіантах кількість бульбочок була вищою за застосування бактеризації та ПБК як за оптимального зволоження (60 % ПВ), так і в умовах штучної посухи (30 % ПВ) (табл. 2). У разі застосування ПБК та бактеризації спостерігалось збільшення кількості бульбочок в порівнянні з варіантами з бактеризацією без застосування цього комплексу. Впродовж дослідного періоду найбільша кількість бульбочок спостерігалась за бактеризації штамом *R. leguminosarum* Г 222 за дії ПБК за нормального водозабезпечення (60 % ПВ) і перевищувала варіант *R. leguminosarum* 250 а із сумісним застосуванням ПБК на 15,57 %, варіант *R. leguminosarum* 31 + ПБК – на 21,55 % (табл. 2).

Найбільший приріст маси бульбочок за 60 % ПВ дала обробка штамом *R. leguminosarum* Г 222 сумісно із застосуванням ПБК і перевищувала варіант *R. leguminosarum* 250 а + ПБК на 19,06 %, варіант *R. leguminosarum* 31 + ПБК – на 25,69 %.

За умов недостатнього водозабезпечення (30 % ПВ) за використання ПБК приріст

маси бульбочок в грамах був меншим у порівнянні з оптимальним водозабезпеченням. Хоча маса бульбочок була вищою у варіантах із сумісним застосуванням ПБК та бактеризації, ніж у варіантах без застосування ПБК. Найбільший приріст маси бульбочок спостерігається у варіанті *R. leguminosarum* Г 222 + ПБК і перевищував варіант із бактеризацією цим же штамом без дії ПБК на 47,17 %.

Водний дефіцит обмежує симбіотичну азотфіксацію у бобових, що негативно впливає на ефективність функціонування симбіотичних систем. У результаті досліджень виявили значне зменшення азотфіксувальної активності у рослин гороху, вирощених за недостатнього поливу (30 % ПВ) (табл. 3). Зокрема, за 30 % ПВ у всіх варіантах з інокуляцією гороху штамми *R. leguminosarum* азотфіксація зменшувалася у середньому у 2,1 рази порівняно з інокульованими цими ж штамми, але вирощеними за нормального водозабезпечення рослинами (60 % ПВ). Азотфіксувальна активність у всіх варіантах із сумісним застосуванням

ПБК за 30 % ПВ була значно вищою, ніж у варіантах з бактеризацією без дії цього комплексу. Найбільша азотфіксувальна активність спостерігалась у варіанті з бактеризацією штамом *R. leguminosarum* Г 222 із застосуванням ПБК за нормального водозабезпечення (60 % ПВ) і перевищувала

в 2 рази варіант із бактеризацією цим же штамом із застосуванням ПБК за умов штучної посухи (30 % ПВ). Азотфіксувальна активність у всіх варіантах за недостатнього поливу (30 % ПВ) була значно меншою, ніж у цих же варіантах за нормального водозабезпечення (60 % ПВ).

Таблиця 2 – Вплив штамів *R. leguminosarum* на утворення бульбочок на коренях рослин гороху сорту Царевич за умов штучної посухи (вегетаційний дослід, фаза цвітіння)

Варіант	Кількість бульбочок, од./росл.		Маса бульбочок, г/росл.	
	60 % ПВ	30 % ПВ	60 % ПВ	30 % ПВ
Контроль (без обробки)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Полісахаридно-білковий комплекс (ПБК)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 250 а	8,9 ± 1,11	2,8 ± 1,01	0,240 ± 0,025	0,141 ± 0,011
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 250 а+ПБК	12,2 ± 1,43	3,9 ± 1,11	0,341 ± 0,017	0,214 ± 0,026
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 31	8,3 ± 0,35	2,6 ± 1,02	0,222 ± 0,041	0,115 ± 0,014
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 31+ПБК	11,6 ± 1,27	3,5 ± 1,12	0,323 ± 0,014	0,195 ± 0,029
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г 222	9,3 ± 1,90	3,1 ± 1,14	0,284 ± 0,015	0,159 ± 0,036
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г 222+ПБК	14,1 ± 1,85	4,2 ± 1,08	0,406 ± 0,031	0,234 ± 0,037

Таблиця 3 – Вплив передпосівної бактеризації гороху посівного штамми *R. leguminosarum* на азотфіксувальну активність рослин гороху сорту Царевич за умов штучної посухи (вегетаційний дослід, фаза цвітіння)

Варіант	АА, мкг N / рослину	
	60 % ПВ	30 % ПВ
Контроль (без обробки)	0,00	0,00
Полісахаридно-білковий комплекс (ПБК)	0,00	0,00
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 250 а	478,40 ± 12,55	244,65 ± 11,79
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 250 а+ПБК	645,14 ± 18,8	305,27 ± 16,2
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 31	445,17 ± 10,5	220,32 ± 15,5
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> 31+ПБК	632,39 ± 17,72	236,33 ± 9,22
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г 222	391,40 ± 22,55	249,45 ± 11,99
Бактеризація <i>R. leguminosarum</i> Г 222+ПБК	655,14 ± 28,8	325,64 ± 14,46

Висновки. Отже, недостатнє водозабезпечення (30 % ПВ) негативно впливає на процес формування бобово-ризобіального симбіозу, оскільки за умов посухи знижується виживаність бульбочкових бактерій в навіколонасіннєвій зоні. Це можна пояснити тим, що за умов водного стресу пригнічується процес проникнення ризобій у тканини кореня, під час його розвитку, що негативно позначається на кількості кореневих бульбочок, та впливає на азотфіксувальну активність симбіотичного апарату загалом.

За нодуляційною активністю та масою бульбочок, сформованих на коренях, штам *R. leguminosarum* Г 222 виявився найстійкішим до стресових умов, що, своєю чергою, є показником ефективності його симбіозу з рослинами *Pisum sativum* і підтверджує господарську значимість.

Встановлено, що ПБК підвищує життєздатність бульбочкових бактерій за умов посухи. Застосування цього комплексу забезпечує фіксацію бактерій на насінині, підтримує їх життєздатність у навіколонасіннєвій зоні, що сприяє формуванню ефективного симбіозу діазотроф-рослина, а також кращому росту і розвитку гороху посівного.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ford H.V., Jones N.H., Brendan Andrew J. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. 17. P. 1–15. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61794-5
2. Agamil R.A., Ghramh H.A., Hashem M. Seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* alleviates the adverse effects of drought stress on wheat plants. *JABFQ*. 2017. 90. P. 165–173. DOI: 10.5073/JABFQ.2017.090.021
3. Fenta B.A., Beebe S.E., Kunert K.J. Role of fixing nitrogen in common bean growth under water deficit conditions. *Food Energy Secur.* 2020. 18. 43 p. DOI: 10.1002/fes3.183
4. Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress / A. Sharma et al. *Biomolecules*. 2019. 9(7). 285 p. DOI: 10.3390/biom9070285
5. Han S.K., Wagner D. Role of chromatin in water stress responses in plant. *J. Exp. Botany*. 2014. 65(10). P. 285–299. DOI: 10.1093/jxb/ert403.
6. Apel A., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. *Plant Biol.* 2004. 55. P. 373–399. DOI: 10.1146/annurev-arplant.55.031903.141701.
7. Diversity and environmental stress responses of rhizobia bacteria from Egyptian grain legumes / H.H. Zahran et al. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 2012. 6. P. 571–583.
8. Kaushal M., Wani S.P. Plant – growth promoting rhizobacteria: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. *Ann. Microbiol.* 2016. 66. P. 35–42. DOI: 10.1007/s13213-015-1112-3
9. Fang Y., Xiong L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cell. Mol. Life Sci.* 2015. 72(4). P. 673–689. DOI: 10.1007/s00018-014-1767-0.
10. Mayak S., Tirosh T., Glick B.R. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. *Plant Sci.* 2014. 166. P. 525–530. DOI: 10.1016/j.plantsci.2003.10.025
11. Мельник В.М., Коць С.Я. Формування і функціонування симбіотичних систем соя – *Bradyrhizobium japonicum* за різного водозабезпечення. *Фізіологія рослин та генетика*. 2015. Т. 47. № 6. С. 483–490.
12. Kots S.Y., Gryshchuk O.O. Phytohormonal regulation of legume-rhizobium symbiosis. *Фізіологія рослин та генетика*. 2019. Vol. 51. No 1. P. 3–27. DOI: 10.15407/frg2019.01.003
13. Andrews M., Andrews M.E. Specificity in Legume-Rhizobia Symbioses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. 18(4). 705 p. DOI: 10.3390/ijms18040705
14. Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen grown common beans / A. Lodeiro et al. *Plant Sci.* 2000. 154. P. 31–41. DOI: 10.1016/S0168-9452(99)00246-0
15. Біологічний азот / В.П. Патики та ін. Київ: Світ, 2003. 424 с.
16. Gourion B., Berrabah F., Ratet P., Stacey G. Rhizobium – legume symbioses: the crucial role of plant immunity. *Acta Horticulturae*. 2018. 3. P. 186–194. DOI: 10.1016/j.tplants.2014.11.008
17. Jobby R., Jha P., Gupta A., Desai A. Bio-transformation of chromium by root nodule bacteria *Sinorhizobium* sp. *PloS ONE*. 2019. 14. P. 17–20. DOI: 10.1371/journal.pone.0219387
18. Survival of several Rhizobium/Bradyrhizobium strains on different inoculant formulations and inoculated seeds / F.J. Temprano et al. *International microbiology*. 2002. 5(2). P. 81–86. DOI: 10.1007/s10123-002-0067
19. Herridge D., Peoples M., Boddey M. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. 2008. *Plant and Soil*. 311. P. 11–18. DOI: 10.1007/s11104-008-9668-3
20. Lindstrom K., Mousavi S.A. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Thematic Issue on Agricultural Biotechnology*. 2020. 13. P. 57–63. DOI: 10.1111/1751-7915.13517
21. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія / В.В. Волкогон та ін. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.

22. Inoculation with selected indigenous mycorrhizal complex improves *Ceratonia siliqua*'s growth and response to drought stress / I. Jadranec et al. Saudi J. Biol. Sci. 2021. 28. P. 825–832. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.11.018

23. Rai R., Dash P.K., Mohapatra T., Singh A. Phenotypic and molecular characterization of indigenous *rhizobia* nodulating chickpea in India. Indian Journal of Experimental Biology. 2012. 50. P. 340–350. DOI: 10.18805/LR-430

24. Моргун В. Бактеризація посівного матеріалу бобових. Пропозиція. 2007. № 2. С. 40–41.

25. Козар С.Ф., Євтушенко Т.А., Нестеренко В.М. Вплив речовин різного хімічного складу на життєздатність діазотрофів на насінні сільськогосподарських культур. Сільськогосподарська мікробіологія. 2017. Вип. 25. С. 10–17. DOI: 10.35868/1997-3004.25.10-17

26. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І., Власенко В.А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин. Київ: Вища освіта, 2006. 460 с.

27. Метод збереження функціональної активності і життєдіяльності діазотрофів: пат. 147465, Україна: МПК C05F11/08, C05F11/08. Опубл. 12.05.21.

28. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і. К.», 2014. 332 с.

29. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токмакова Л.М. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. Київ: Аграрна наука, 2010. 464 с.

30. Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E.K., Burns R.C. The acetylene-ethylene assay for nitrogen fixation: laboratory and field evaluation. Plant Physiology. 1968. 43(8). P. 1185–1207. DOI: 10.1104/pp.43.8.1185.

31. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. / Е.Р. Ермантраут та ін. Харків: Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, 2008. 64 с.

REFERENCES

1. Ford, H.V., Jonesa, N.H., Brendan Andrew, J. (2021). Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses. Journal of Integrative Agriculture. no. 17, pp. 1–15. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61794-5

2. Agamil, R.A., Ghramh, H.A., Hashem, M. (2017). Seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* alleviates the adverse effects of drought stress on wheat plants. JABFQ. no. 90, pp. 165–173. DOI: 10.5073/JABFQ.2017.090.021

3. Fenta, B.A., Beebe, S.E., Kunert, K.J. (2020). Role of fixing nitrogen in common bean growth under water deficit conditions. Food Energy Secur. no. 18, 43 p. DOI: 10.1002/fes3.183

4. Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, S.K., Sidhu, G.P.S., Bali, A.S., Handa, N., Kapoor, D., Bhardwaj, R., Zheng, B. (2019). Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. Biomolecules. no. 9(7), 285 p. DOI: 10.3390/biom9070285

5. Han, S.K., Wagner, D. (2014). Role of chromatin in water stress responses in plant. J. Exp. Botany. no. 65(10), pp. 285–299. DOI: 10.1093/jxb/ert403.

6. Apel, A., Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. Plant Biol. no. 55, pp. 373–399. DOI: 10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701.

7. Zahran, H.H., Abdel-Fattah, M., Yasser, M.M., Mahmoud, A.M., Redmar, E.J. (2012). Diversity and environmental stress responses of *rhizobia* bacteria from Egyptian grain legumes. Aust. J. Basic Appl. Sci. no. 6, pp. 571–583.

8. Kaushal, M., Wani, S.P. (2016). Plant – growth promoting *rhizobacteria*: drought stress alleviators to ameliorate crop production in drylands. Ann. Microbiol. no. 66, pp. 35–42. DOI: 10.1007/s13213-015-1112-3

9. Fang, Y., Xiong, L. (2015). General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. Cell. Mol. Life Sci. no. 72(4), pp. 673–689. DOI: 10.1007/s00018-014-1767-0.

10. Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B.R. (2014). Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. Plant Sci. no. 166, pp. 525–530. DOI: 10.1016/j.plantsci.2003.10.025

11. Melnyk, V.M., Kots, S.Y. (2015). Formuvannya i funktsionuvannya symbiotychnykh system soya – *Bradyrhizobium japonicum* za riznoho vodo zabezpechennya [Floor mat. Formation and functioning of symbiotic systems of soybean – *Bradyrhizobium japonicum* with different water supply]. Fyzyolohyya rastenyi y henetyka [Plant physiology and genetics]. no. 47(6), pp. 483–490.

12. Kots, S.Y., Gryshchuk, O.O. (2019). Phytohormonal regulation of legume-rhizobium symbiosis. Fiziologia rastenij i genetika [Physiology of roslin and genetics]. no. 51(1), pp. 3–27. DOI: 10.15407/frg2019.01.003

13. Andrews, M., Andrews, M.E. (2017). Specificity in Legume-Rhizobia Symbioses. International Journal of Molecular Sciences. no. 18(4), 705 p. DOI: 10.3390/ijms18040705

14. Lodeiro, A., González, P., Hernández, A., Balagué, L., Favelukes, G. (2000). Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen grown common beans. Plant Sci. no. 154, pp. 31–41. DOI: 10.1016/S0168-9452(99)00246-0

15. Patyka, V.P., Kots, S.Y.A., Volkohon, V.V., Sherstoboyeva, O.V., Melnychuk, T.M., Kalinichenko, A.V., Hrynyk, I.V. (2003). Biologichnyy azot [Biological nitrogen]. Kyiv, World, 424 p.

16. Gourion, B., Berrabah, F., Ratet, P., Stacey, G. (2018). Rhizobium – legume symbioses: the crucial role of plant immunity. *Acta Horticulturae*. no. 3, pp. 186–194. DOI: 10.1016/j.tplants.2014.11.008
17. Jobby, R., Jha, P., Gupta, A., Desai, A. (2019). Biotransformation of chromium by root nodule bacteria *Sinorhizobium* sp. *PloS ONE*. no. 14, pp. 17–20. DOI: 10.1371/journal.pone.0219387
18. Temprano, F.J., Albareda, M., Camacho, M., Daza, A., Santamaría, C., Rodríguez-Navarro, D.N. (2002). Survival of several *Rhizobium/Bradyrhizobium* strains on different inoculant formulations and inoculated seeds. *International microbiology*. no. 5(2), pp. 81–86. DOI: 10.1007/s10123-002-0067
19. Herridge, D., Peoples, M. Boddey, M. (2008). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*. no. 311, pp. 11–18. DOI: 10.1007/s11104-008-9668-3
20. Lindstrom, K., Mousavi, S.A. (2020). Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Thematic Issue on Agricultural Biotechnology*. no. 13, pp. 57–63. DOI: 10.1111/1751-7915.13517
21. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., Kovalenska, T.M., Tokmakova, L.M., Kopylov, Y.P., Kozar, S.F., Khalep, Y.M. (2006). Mikrobni preparaty u zemlerobstvi. *Teoriya i praktyka* [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]. Kyiv, 154 p.
22. Jadrane, I., Alfeddy, M.N., Dounas, H., Kouisni, L., Aziz, F., Ouahmane, L. (2021). Inoculation with selected indigenous mycorrhizal complex improves *Cerantia siliqua*'s growth and response to drought stress. *Saudi J. Biol. Sci.* no. 28, pp. 825–832. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.11.018
23. Rai, R., Dash, P.K., Mohapatra, T., Singh, A. (2012). Phenotypic and molecular characterization of indigenous rhizobia nodulating chickpea in India. *Indian Journal of Experimental Biology*. no. 50, pp. 340–350. DOI: 10.18805/LR-430
24. Morhun, V. (2007). Bakteryzatsiya posivnoho materialu bobovykh [Bacterization of legume seed material]. *Propozytsiya* [Proposition]. no. 2, pp. 40–41.
25. Kozar, S.F., Yevtushenko, T.A., Nesterenko, V.M. (2017). Vplyv rehovyn riznoho khimichnoho skladu na zhyttiezdatnist diazotrofov na nasinni silskohospodarskykh kultur [An infusion of speeches of a diverse chemical warehouse for livelihood and entertainment for us of culture and culture]. *Silskohospodarska mikrobiologiya* [Agricultural Microbiology]. no. 25, pp. 10–17.
26. Molotskyi, M.Ya., Vasylykivskyi, S.P., Kniazuk, V.I., Vlasenko, V.A. (2006). Seleksiia i nasinytstvo silskohopodarskykh roslyn [Breeding and seed production of agricultural plants]. Kyiv, Higher education, 460 p.
27. Metod zberezhenia funktsionalnoi aktyvnosti i zhyttiedialnosti diazotrofov: pat. 147465UA, МПК C05F11/08, C05F11/08 [Method of preserving viability and functional activity of diazotrophs: pat. 147465UA, IPC C05F11/08, C05F11/08. 12.05.2021].
28. Ieshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PP "TD" Edelweiss i. TO", 332 p.
29. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M. (2010). *Eksperymental'na gruntova mikrobiologiya* [Experimental soil microbiology]. Kyiv, Agrarian science, 464 p.
30. Hardy, R.W.F., Holsten, R.D., Jackson, E.K., Burns, R.C. (1968). The acetylene-ethylene assay for nitrogen fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiology*. no. 43(8), pp. 1185–1207. DOI: 10.1104/pp.43.8.1185.
31. Ermantraut, E.R., Bobro, M.A., Hoptsiy, T.I. (2008). *Metodyka naukovykh doslidzhen' v ahronomiyi* [Methods of scientific research of agronomy]. Kharkiv, Kharkiv National Agrarian University im. V.V. Dokuchaeva, 64 p.

Stability of *Rhizobium leguminosarum-Pisum sativum* symbiosis under the action of PPC under conditions of artificial drought

Voronaia O., Kozar S.

Considering climate change and frequent droughts, it is urgent to find ways to increase the survival of *Rhizobium leguminosarum* in the peri-seed zone during pre-sowing seed inoculation, which will ensure the formation of a more stable legume-rhizobial symbiosis.

The effect of a polysaccharide-protein complex (PPC) on the efficiency of seed inoculation with active strains of *R. leguminosarum* under conditions of insufficient moisture was studied. The survival of nodule bacteria after bacterization was compared and its effect on plant development and nitrogen-fixing activity was assessed under optimal (60 % total moisture capacity, VC) and low (30 % VC) moisture conditions.

The aim of the study was to determine the survival of nodule bacteria in the peri-seed zone and assess the effect of bacterization of pea seeds (*Pisum sativum* L.) with PPC on the formation and mass of nodules, nitrogen fixation, and initial plant growth under artificial drought.

Methods used: microbiological, physiological, chromatographic and statistical.

The data obtained showed that inoculation of pea varieties Tsarevich with active strains of *R. leguminosarum* has a positive effect on plant growth. A correlation between bacterial survival in the peri-seed zone on the moisture level and the inoculant strain was revealed.

When bacterization was combined with PBC, bacterial survival was higher, which was accompanied by a greater mass of nodules and higher nitrogen fixation. It was determined that all indicators of the functioning of the *R. leguminosarum* – *Pisum sativum* symbiosis during drought decreased compared to optimal conditions.

The most effective was the inoculation of pea seeds of the Tsarevich variety with the *R. legumino-*

sarum G222 strain in combination with PBC, which provided the greatest increase in the number and mass of nodules, as well as high nitrogen fixation rates both under optimal and insufficient moisture.

Key words: *Rhizobium leguminosarum*, biological nitrogen fixation, legume-rhizobial symbiosis, artificial drought, polysaccharide-protein complex (PPC).



Copyright: Вороная О.В., Козар С.Ф. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Вороная О.В.

Козар С.Ф.

<https://orcid.org/0000-0001-6029-4758>

<https://orcid.org/0000-0003-1341-5603>

АГРОНОМІЯ

УДК 575.113.2:577.2:633.57

Молекулярно-генетична характеристика сортів малини за ISSR-PCR- маркерамиДимань Н.О. , Карпук Л.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Димань Н.О. E-mail: nathalie.dyman@gmail.com



Димань Н.О., Карпук Л.М. Молекулярно-генетична характеристика сортів малини за ISSR-PCR- маркерами. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 29–37.

Dyman N., Karpuk L. Molecular-genetic characteristics of raspberry varieties based on ISSR-PCR markers. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 29–37.

Рукопис отримано: 08.09.2025 р.

Прийнято: 23.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-29-37

Вперше для 12 сортів малини, які культивують в Україні, проведено аналіз генетичної структури за маркерами ISSR-PCR й оцінено ефективність використання цього типу маркерів для вивчення генетичного поліморфізму та спорідненості сортів малини. Екстракцію ДНК здійснювали із свіжого рослинного матеріалу, використовували молоді листки малини. ДНК виділяли за використання СТАВ-буферу.

З метою підбору інформативних ISSR-маркерів для аналізу геному малини проведено тестування 31 праймера – 21 з динуклеотидною короною послідовністю та 10 з тринуклеотидною. За результатами скринінгу праймерів для подальшого молекулярно-генетичного аналізу поліморфізму сортів малини було обрано 4 динуклеотидні ISSR-праймери з послідовностями (AG)₈YG, (AG)₉C, (AG)₉C і (AC)₈C та 3 тринуклеотидні праймери: (ACC)₆G, (GTG)₆A і (GAG)₆G. Виявлено високий рівень поліморфізму ISSR-маркерів у малини. Середня кількість алелів на локус для досліджених 12 сортів становила 1,795, середнє значення ефективного числа алелів на локус – 1,44, середнє значення індексу гетерогенності Шеннона – 0,398, середнє значення очікуваної гетерозиготності – 0,262. Розмах генетичних дистанцій між дослідженими сортами коливався від 0,109 до 0,606, а індексів генетичної спорідненості – від 0,896 до 0,545.

Зроблено висновок про високу інформативність методу мультилокусного ДНК-профілювання ISSR-PCR для генетичної ідентифікації сортів малини. Досліджені ISSR-маркери можуть бути корисними для характеристики генетичної структури, розрізнення сортів малини та підбору їх найперспективніших варіантів для схрещування.

Ключові слова: малина, *Rubus idaeus* L., поліморфізм, ISSR-PCR-маркери, генетична диференціація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Рід *Rubus* налічує понад 500 високоваріабельних і гетерогенних видів, що належать до 12 підродів і поширені на всіх континентах за винятком пустельних регіонів. Найбільше комерційне значення серед них має підрід *Ideobatus*, відомий як малина (*raspberries*), що включає приблизно 200 видів із суттєвою морфологічною та генетичною диференціацією [6]. Червона малина

(*Rubus idaeus* L., 2n=2x=14) – листопадний багаторічний кущ із родини *Rosaceae*, відомий завдяки високій гетерозиготності та різноманіттю рівнів плоїдності [10]. Це важлива ягідна культура, яка поєднує високу антиоксидантну активність зі значним вмістом біологічно активних речовин. Плоди містять широкий спектр корисних фітосполук (антоціани, катехіни, саліцилова та аскорбінова кислоти, рибофлавін, кверцетин та ін.),

які обумовлюють їх високу харчову та функціональну цінність [5]. Крім того, екстракти малини демонструють протипухлинний потенціал, зокрема відносно клітин шлунка та товстого кишківника [13].

Дослідження генетичного різноманіття малини має вагоме значення як для збереження природних ресурсів та оцінювання спорідненості популяцій, так і для селекційних програм, зокрема під час добору батьківських форм для гібридизації [9]. Це також важливо для захисту прав селекціонерів рослин з метою зменшення кількості неправильно маркованих рослин на ринку або незаконного розмноження [18]. Сучасна система захисту сортів рослин базується здебільшого на їх морфологічному описі, однак морфологічні ознаки, хоч і залишаються корисним інструментом, обмежені через низький рівень поліморфізму та залежність від умов середовища. З огляду на це, дедалі ширшого застосування у програмах селекції та схемах сертифікації рослинного матеріалу набувають молекулярні маркери, які уможливають ідентифікацію кожного генотипу на будь-якій стадії розвитку, незалежно від факторів навколишнього середовища, які можуть впливати на фенотип. Рівень подібності між отриманими молекулярними профілями може слугувати основою для визначення генетичних відносин між досліджуваними зразками [11, 14].

Оскільки малина розмножується вегетативно, молекулярна характеристика генотипів може бути надійним орієнтиром для сертифікації та контролю її розмноження і розповсюдження.

Для ідентифікації сортів успішно використовують різні види ДНК-маркерів, кожен з яких має свої переваги й обмеження. У дослідженнях роду *Rubus* застосовували алозими [6], поліморфізм довжин рестрикційних фрагментів (RFLP) [19], випадково ампліфіковані поліморфні ДНК (RAPD) [10, 20], поліморфізм ампліфікованих фрагментів (AFLP) [10], мінісателіти [13], мікросателіти [18] та ISSR-маркери [4, 7].

ISSR-маркери (*Inter Simple Sequence Repeat*) було запропоновано Zietkiewicz et al. [21] і з успіхом застосовано для багатьох плодових культур (каштан, полуниця, картопля, шовковиця та ін.) [7]. Вони базуються на ампліфікації ділянок між мікросателітами, що рівномірно поширені по всьому геному. ISSR-маркери характеризуються високою відтворюваністю та здатністю виявляти вищий рівень поліморфізму порівняно з RAPD завдяки більш жорстким умовам ампліфіка-

ції та довшим праймерам [16]. Вони також є економічнішими й простішими у використанні, ніж AFLP, і не потребують попереднього знання нуклеотидних послідовностей, як у випадку SSR [17].

Ефективність ISSR-маркерів у вивченні різноманіття диких і культурних форм малини підтверджено рядом досліджень. Зокрема, Sekic and Erdem [4] проаналізували 19 диких генотипів з Чорноморського регіону Туреччини та виявили високу варіабельність профілів ампліфікації. Отримані дендрограми дали змогу розділити зразки на дві основні групи, що підтвердило придатність ISSR для класифікації генотипів. Подібні дослідження з оцінювання генетичного різноманіття дикої малини за використання 12 ISSR-маркерів було проведено в західних регіонах Каспійського моря й доведено високий їх поліморфізм (на рівні 77 % – від 33 до 100 %) [9].

Завдяки простоті, низькій вартості та високій відтворюваності ISSR-маркери стали потужним інструментом для геномного картування, філогенетичних досліджень та селекції [22].

Отже, застосування ISSR-маркерів відкриває нові можливості у вивченні генетичної структури малини, визначенні ступеня спорідненості сортів і ліній та сприяє формуванню ефективних селекційних стратегій для створення конкурентоспроможних сортів.

Метою роботи було дослідження генетичної структури сортів малини за ISSR-PCR-маркерами й оцінювання ефективності використання цього типу маркерів для вивчення генетичного поліморфізму та спорідненості сортів малини, які культивують в Україні.

Матеріал і методи дослідження. Об'єктом досліджень слугували 12 сортів малини: 6 сортів, які зареєстровано в державному реєстрі рослин, придатних для поширення в Україні (Благородна, Брусвяна, Космічна, Новокітаївська, Осіння, Промінь) [2], 5 сортів, які було виключено з державного реєстру (C1–C5) [1], і 1 сорт американської селекції – Херітейдж. Кожного сорту було придбано по 5 кущів і висаджено в умовах ТОВ «Еліта» смт Терезине (Київська обл.).

Екстракцію ДНК здійснювали із свіжого рослинного матеріалу, використовували молоді листки малини. ДНК виділяли за використання СТАВ-буферу [3].

Полімеразну ланцюгову реакцію проводили за використання термоциклера «GeneAmp 2400» (Applied Biosystems, США). Реакційна суміш для ПЛР (10 мкл) містила 1×ПЛР-буфер

(67 mM Tris-HCl (pH 8,8), 17 mM $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,01 % Tween-20), 0,2 mM dNTP, 1 од. Taq-полімерази, 20 нг геномної ДНК, 2,0 mM MgCl_2 та 0,4 мкМ відповідного праймера.

Умови ампліфікації були наступними: початкова денатурація – 4 хв за 94 °С; 32 цикли: денатурація – 30 с за 94 °С, випалювання – 30 с за 52 °С (для динуклеотидних праймерів) та 58 °С (для тринуклеотидних), елонгація – 2 хв за 72 °С; кінцева елонгація – 5 хв за 72 °С.

Електрофоретичне розділення продуктів ПЛР проводили в 2 % агарозному гелі з буфером TBE (108 г Трис, 55 г борної кислоти, 20 мл EDTA) за наявності бромистого етидію за напруги 110 В. Отримані спектри ампліфікації візуалізували в УФ-світлі за довжини хвилі 270 нм. Молекулярну масу ПЛР-про-

дуктів визначали, використовуючи маркер GeneRuler 100 bp (Fermentas, Литва).

Кожну смугу (бенд) на електрофореграмі розглядали як окремих генетичний локус. Поліморфними вважали фрагменти ДНК, які були наявними у спектрах не всіх сортів. Отримані ISSR-патерни було переведено у бінарний вигляд (наявність фрагмента приймали за 1, відсутність – за 0) і використано для визначення рівня генетичного поліморфізму 12 сортів малини, встановлення генетичних дистанцій та кластерного аналізу.

З метою підбору інформативних ISSR-маркерів для аналізу геному малини було проведено тестування 31 праймера – 21 з динуклеотидною короною послідовністю та 10 з тринуклеотидною (табл. 1).

Таблиця 1 – Ефективність ампліфікації ISSR-праймерів з ДНК малини

Праймер	Мотив	Ефективність ампліфікації**
$(\text{AG})_8\text{YG}^*$	$(\text{AG})_n/(\text{GA})_n$	4
$(\text{AG})_7\text{YT}$		3
$(\text{AG})_8\text{G}$		4
$(\text{AG})_8\text{T}$		3
$(\text{AG})_9\text{C}$		4
$(\text{GA})_8\text{C}$		3
$(\text{GA})_8\text{T}$		3
$(\text{AC})_9\text{C}$	$(\text{AC})_n/(\text{CA})_n$	3
$(\text{AC})_8\text{G}$		3
$(\text{AC})_8\text{C}$		4
$(\text{AC})_9\text{G}$		2
$(\text{AC})_9\text{T}$		3
$(\text{AC})_8\text{YG}$		3
$(\text{AC})_8\text{YA}$		1
$(\text{CA})_8\text{A}$		3
$(\text{CA})_7\text{RC}$		3
$(\text{CA})_8\text{GT}$		2
$(\text{TC})_8\text{C}$	$(\text{TC})_n/(\text{CT})_n$	2
$(\text{TC})_8\text{G}$		2
$(\text{CT})_8\text{G}$		3
$(\text{CT})_9\text{G}$		3
$(\text{CTC})_6\text{A}$	$(\text{CTC})_6$	2
$(\text{CTC})_6\text{C}$		2
$(\text{AGC})_6\text{G}$	$(\text{AGC})_6$	3
$(\text{AGC})_6\text{C}$		4
$(\text{ACC})_6\text{G}$	$(\text{ACC})_6/(\text{CCA})_6$	4
$(\text{CCA})_6\text{G}$		3
$(\text{GCT})_6\text{A}$	$(\text{GCT})_6/(\text{TCG})_6$	2
$(\text{TCG})_6\text{G}$		2
$(\text{GTG})_6\text{A}$	$(\text{GTG})_6$	4
$(\text{GAG})_6\text{G}$	$(\text{GAG})_6$	4

* Y = C або G; R = A або G;

** 1 – відсутність реакції ампліфікації, 2 – дифузні спектри без чітких ПЛР-бендів, 3 – недостатня кількість локусів для аналізу, 4 – чіткі ДНК-патерни.

Генетичні параметри, такі як середня (N_a) та ефективна кількість алелів на локус (N_e), очікувана гетерозиготність (H_e), індекс гетерогенності Шеннона (I), обчислювали за використання комп'ютерної програми PopGen версії 1.31 [11].

Генетичні дистанції для пар сортозразків обчислювали як коефіцієнти ідентичності – відношення кількості спільних локусів до загальної кількості локусів у двох порівнюваних зразків. Матрицю ідентичності було використано як вхідні дані для кластерного аналізу, який проводили незваженим парно-груповим методом з арифметичним усередненням (UPGMA).

Результати досліджень та обговорення. З метою підвищення специфічності випалювання олігонуклеотидних праймерів та отримання чітких продуктів ампліфікації до 3'-кінця кожного праймера було додано 1–2 селективні нуклеотиди. Частина використаних праймерів у якірній ділянці мали вирожені нуклеотиди, наприклад, (GA)8YT або (CA)7RC (де Y = C або G; R = A або G). Такий підхід дав змогу проводити аналіз ефективності ампліфікації окремих повторів, а також покращувати ISSR-спектри завдяки введенню селективних ділянок різної довжини. Початкове тестування проводили за однотипних умов ампліфікації, які різнилися лише за температурою випалювання праймерів: 52 °C – для динуклеотидних та 58 °C – для тринуклеотидних.

Отримані спектри за якістю ампліфікації умовно можна розділити на 4 групи: 1 – продукти ампліфікації відсутні; 2 – дифузні спектри без чітких ПЛР-бендів, 3 – чіткі амплікони, але невелика їх кількість, 4 – чіткі ДНК-патерни з достатньою для подальшого аналізу кількістю ПЛР-локусів. Проведений скринінг дав змогу зробити певні узагальнення для спрямованого підбору ISSR-праймерів для ампліфікації ДНК малини.

Ефективність ампліфікації міжмікросателітних послідовностей малини залежала як від типу використаного мотиву, так і селективної ділянки. Наприклад, у випадку всіх праймерів з динуклеотидними мотивами (AG) $_n$ /(GA) $_n$, незалежно від якірної ділянки, отримано чіткі ДНК-патерни. У разі тестування праймерів з мотивами (AC) $_n$ /(CA) $_n$ отримано ISSR-спектри з усіма описаними вище типами спектрів.

Ефективність ампліфікації в цьому випадку залежала від нуклеотидного складу якірної ділянки. З-поміж ISSR-праймерів з тринуклеотидною короною послідовністю задовільних спектрів не отримано для праймерів (CTC) $_6$ та (GCT) $_6$ /(TCG) $_6$.

За результатами скринінгу 31 праймера для подальшого молекулярно-генетичного аналізу поліморфізму сортів малини було обрано 4 динуклеотидні ISSR-праймери з послідовностями (AG) $_8$ YG, (AG) $_9$ C, (AG) $_9$ C і (AC) $_8$ C та 3 тринуклеотидні праймери: (ACC) $_6$ G, (GTG) $_6$ A і (GAG) $_6$ G. Приклади отриманих спектрів ампліфікації ISSR-PCR з ДНК 12 сортів малини наведено на рисунку 1 (а, б, в).

Всього за використання чотирьох ди- та тринуклеотидних ISSR-праймерів отримано 77 продуктів ампліфікації (ПЛР-локусів), 64 з яких виявилися поліморфними у досліджених сортах малини (табл. 2). Загальна кількість ПЛР-локусів та кількість поліморфних локусів варіювали залежно від використаного праймера. Найвищі значення цих показників за аналізу ДНК 12 сортів малини було отримано для праймерів (AG) $_9$ C і (GTG) $_6$ A – 13 і 12 відповідно. Найменші значення спостерігали за використання праймерів (AG) $_8$ YG і (GAG) $_6$ G – 9 і 6 відповідно. Середній рівень поліморфізму, обчислений за аналізу семи ISSR-праймерів, становив 81,78 % та був співставним із середнім рівнем поліморфізму RAPD-праймерів, який дослідили раніше [8].

Таблиця 2 – Загальна характеристика ISSR-спектрів з ДНК малини

Праймер	Загальна кількість локусів	Кількість поліморфних локусів	Рівень поліморфізму, %
(AG) $_9$ C	13	12	92,30
(AG) $_8$ YG	9	6	66,67
(AG) $_8$ G	11	9	81,81
(AC) $_8$ C	11	10	90,90
(GTG) $_6$ A	13	12	92,31
(GAG) $_6$ G	9	6	66,67
(AGC) $_6$ C	11	9	81,82
Σ	77	64	81,78

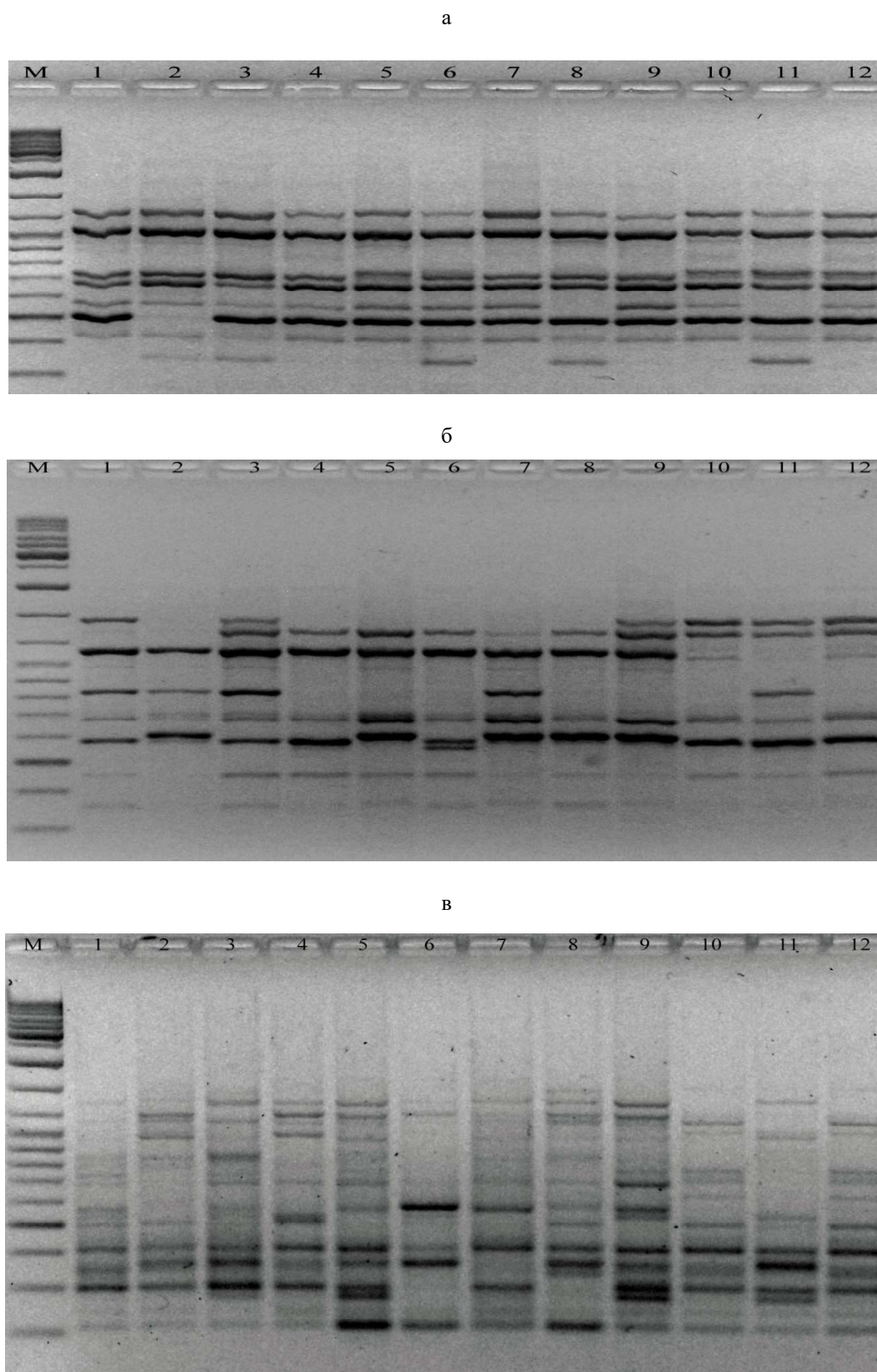


Рис. 1. Електрофореграми розділення продуктів ампліфікації ISSR-PCR з праймерами $(GAG)_6G$ (а), $(ACC)_6G$ (б) та $(AG)_8YG$ (в) для 12 сортів малини: М – молекулярний маркер GeneRuler 100 bp (Fermentas, Литва), 1–12 – досліджені сорти малини.

Молекулярний розмір отриманих ПЛР-продуктів знаходився у діапазоні 235–1940 п. н. залежно від нуклеотидної послідовності використаного праймера. У досліджених сортів малини переважали амплікони з середнім розміром 500–1500 п. н., їх частка становила 76,92 %. Найменшу частку становили високомолекулярні продукти ампліфікації – 3,85 %. Амплікони з розміром < 500 п. н. становили 19,23 %.

За частотою розподілу ампліконів у ISSR-спектрах досліджених сортів отримано наступні результати. Частка ампліконів, представлених з низькою частотою ($\geq 0,2$), становила 32,05 %, середньою ($\geq 0,5$) – 29,49 %, високою ($\geq 0,9$) – 38,46 %; 18 ампліконів (23,08 %) були наявні у спектрах всіх сортів.

У таблиці 3 наведено основні показники генетичної мінливості досліджених сортів.

Обраховані середні значення показників генетичної мінливості дослідженої вибірки сортів малини становили: середня кількість алелів на праймер – 1,795, ефективна

кількість алелів – 1,44, очікувана гетерозиготність та індекс гетерогенності Шеннона – 0,262 і 0,398 відповідно. Ці значення були нижчими, ніж отримані за використання маркерів RAPD-PCR [8].

Найбільша середня кількість алелів була характерна для праймера (AG)₉C і становила 1,966. Ефективна кількість алелів була найвищою за використання праймера (AC)₈C – 1,515. Найвищий рівень очікуваної гетерозиготності (He) виявлено за праймером (AG)₉C (0,331), найнижчий – за праймером (AG)₈YG (0,217). Значення індексу I варіювали від 0,332 до 0,503.

Аналіз генетичних взаємовідносин між дослідженими сортами малини проводили за розрахунку індексів генетичної ідентичності і генетичних відстаней за Неем (табл. 4). Середні значення генетичних дистанцій та індексу генетичної спорідненості між сортами за даними ISSR-аналізу становило 0,385 і 0,683 відповідно.

Таблиця 3 – Значення основних показників генетичної мінливості досліджених сортів малини за поліморфізмом ISSR-маркерів

Праймер	Na	Ne	I	He
(AG) ₉ C	1,966	1,543	0,503	0,331
(AG) ₈ YG	1,667	1,361	0,332	0,217
(AG) ₈ G	1,818	1,431	0,378	0,250
(AC) ₈ C	1,909	1,515	0,460	0,305
(GTG) ₆ A	1,786	1,355	0,362	0,229
(GAG) ₆ G	1,556	1,413	0,338	0,233
(AGC) ₆ C	1,727	1,448	0,379	0,255
Σ	1,795±0,050	1,440±0,040	0,398±0,028	0,262±0,021

Таблиця 4 – Генетичні взаємовідносини між дослідженими сортами малини, розраховані за поліморфізмом ISSR-маркерів (вище діагоналі – індекси генетичної ідентичності, нижче – генетичні відстані)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	****	0,740	0,805	0,740	0,584	0,636	0,662	0,610	0,714	0,701	0,740	0,701
2	0,300	****	0,727	0,662	0,688	0,636	0,766	0,636	0,558	0,623	0,584	0,675
3	0,216	0,318	****	0,727	0,675	0,701	0,727	0,675	0,649	0,740	0,597	0,792
4	0,300	0,412	0,318	****	0,662	0,818	0,714	0,688	0,792	0,623	0,792	0,701
5	0,537	0,373	0,392	0,412	****	0,688	0,740	0,766	0,636	0,701	0,636	0,571
6	0,452	0,452	0,354	0,200	0,373	****	0,740	0,688	0,714	0,623	0,740	0,701
7	0,412	0,266	0,318	0,336	0,300	0,300	****	0,688	0,636	0,675	0,636	0,701
8	0,493	0,452	0,392	0,373	0,266	0,373	0,373	****	0,636	0,545	0,610	0,675
9	0,336	0,582	0,431	0,232	0,452	0,336	0,452	0,452	****	0,701	0,896	0,571
10	0,354	0,472	0,300	0,472	0,354	0,472	0,392	0,606	0,354	****	0,701	0,662
11	0,300	0,537	0,515	0,232	0,452	0,300	0,452	0,493	0,109	0,354	****	0,571
12	0,354	0,392	0,232	0,354	0,559	0,354	0,354	0,392	0,559	0,412	0,559	****

Примітка: 1 – Промінь, 2 – Херітейдж, 3 – Новокітайська, 4 – Благородна, 5 – С2, 6 – С3, 7 – С4, 8 – С1, 9 – Космічна, 10 – Брусвяна, 11 – С5, 12 – Осіння.

Розмах генетичних дистанцій між дослідженими сортами коливався від 0,109 (між сортами Космічна і С5) до 0,606 (між сортами С1 і Брусвяна), а індексів генетичної спорідненості – 0,896 і 0,545 між цими самими сортами відповідно.

На підставі розрахунку індексів генетичної ідентичності між дослідженими сортами малини проведено кластерний аналіз та побудовано дендрограму генетичних взаємовідносин за поліморфізмом 7 ISSR-праймерів (рис. 2).

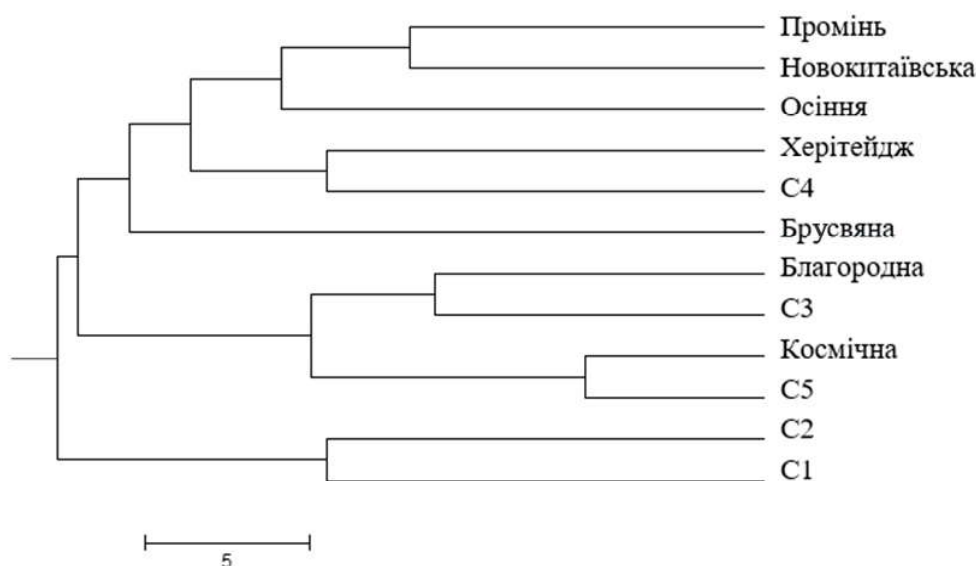


Рис. 2. Дендрограма генетичних взаємовідносин між дослідженими сортами малини, побудована за поліморфізмом спектрів ампліфікації ISSR-PCR.

Як видно із дендрограми, генотипи за ступенем генетичної спорідненості об'єднуються в 2 кластери. До першого кластера входять п'ять сортів: Промінь, Новокітаївська, Херітейдж, С4 і Брусвяна, з яких Промінь і Новокітаївська – значно ближчі між собою ($D=0,216$). Другий кластер сформували 2 підкластери: I – сорти Благородна, С3, Космічна та С5, II – С1 і С2. Найвищий рівень генетичної спорідненості виявлено між сортами Космічна та С5 ($D=0,109$), що збігається з даними, отриманими раніше за маркерами RAPD-PCR

[8]. Сорти С1 і С2 не утворюють тісних груп зчеплення з іншими сортами, їх можна рекомендувати як батьківські форми під час складання схем схрещування з іншими сортами.

Висновки. Вперше для 12 сортів малини, які культивують в Україні, проведено аналіз генетичної структури за маркерами ISSR-PCR і виявлено високий рівень їх поліморфізму. Середня кількість алелів на локус (N_a) для досліджених 12 сортів становила 1,795, середнє значення ефективного числа алелів на локус (N_e)

– 1,44, середнє значення індексу гетерогенності Шеннона – 0,398, середнє значення очікуваної гетерозиготності – 0,262. Це підтверджує високу інформативність методу мультилокусного ДНК-профілювання ISSR-PCR для генетичної ідентифікації сортів малини.

Розмах генетичних дистанцій між дослідженими сортами коливався від 0,109 (між сортами Космічна і С5) до 0,606 (між сортами С1 і Брусвяна), а індексів генетичної спорідненості – від 0,896 до 0,545 між цими самими сортами відповідно.

REFERENCES

1. Agrarians together. Catalog of plant cultivars. Available at: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-varieties-catalog/malyna>
2. State Register of Plant Cultivars Suitable for Distribution in Ukraine in 2019. 2024. Available at: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reys-tr-sortiv-roslin>
3. Abdel-Latif, A., Osman, G. (2017). Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. Plant Methods. no. 13 (1). DOI: 10.1186/s13007-016-0152-4.
4. Cekic, C., Calis, O., Ozturk, E.S. (2018). Genetic diversity of wild raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.) in North Anatolia based on ISSR markers.

- Appl. Ecol. Environ. Res. no. 16 (5), pp. 6835–6843. DOI: 10.15666/aecer/1605_68356843.
5. Cosme, F., Pinto, T., Aires, A., Morais, M.C., Bacelar, E., Anjos, R., Ferreira-Cardoso, J., Oliveira, I., Vilela, A., Gonçalves, B. (2022). Red Fruits Composition and Their Health Benefits – A Review. *Foods*. Vol. 11(5), 644 p. DOI: 10.3390/foods11050644
 6. Cousineau, J.C., Donnelly, D.J. (1992). Use of isoenzyme analysis to characterize raspberry cultivars and detect cultivar mislabeling. *HortScience*. Vol. 27, pp. 1023–1025.
 7. Debnath, S.C. (2008). Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers and Pedigree Information to Assess Genetic Diversity and Relatedness Within Raspberry Genotypes. *International Journal of Fruit Science*. Vol. 7(4), pp. 1–17. DOI: 10.1080/15538360802003159
 8. Dyman, N.O., Karpuk, L.M. (2025). Assessment of genetic diversity of raspberry cultivars using RAPD markers. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. Vol. 31, pp. 38–46. DOI: 10.47414/np.32.2024.325369
 9. Fatemi, M., Estaji, A., Ghanbari, A., Torabi Giglou, M., Jamali, M. (2025). Evaluation of genetic diversity of wild raspberry genotypes in the western areas of the Caspian Sea by ISSR molecular markers. *Journal of Genetic Resources*. Vol. 11(1), pp. 98–104. DOI: 10.22080/jgr.2025.28406.1420
 10. Graham, J., McNicol, R.J. (1995). An examination of the ability of RAPD markers to determine the relationships within and between *Rubus* species. *Theor. Appl. Genet.* Vol. 90, pp. 1128–1132.
 11. Jamali, S.H., Cockram, J., Hickey, L.T. (2019). Insights into deployment of DNA markers in plant variety protection and registration. *Theor. App. Genet.* Vol. 132, pp. 1911–1929. DOI: 10.1007/s00122-019-03348-7.
 12. Kollmann, J., Steinger, T., Roy, B.A. (2000). Evidence of sexuality in European *Rubus* (Rosaceae) species based on AFLP and allozyme analysis. *Amer. J. Bot.* Vol. 87, pp. 1592–1598.
 13. Kula, M., Majdan, M., Głod, D., Krauze Baranowska, M. (2016). Phenolic composition of fruits from different cultivars of red and black raspberries grown in Poland. *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 52, pp. 74–82. DOI: 10.1016/j.jfca.2016.08.003
 14. Noli, E., Teriaca, M.S., Sanguineti, M.C., Conti, S. (2008). Utilization of SSR and AFLP markers for the assessment of distinctness in durum wheat. *Mol. Breed.* Vol. 22, pp. 301–313. DOI: 10.1007/s11032-008-9176-4.
 15. Nybom, H. (1995). Evaluation of interspecific crossing experiments in facultatively apomictic blackberries (*Rubus* subgen. *Rubus*) using DNA fingerprinting. *Hereditas*. Vol. 122, pp. 57–65.
 16. Qian, W., Ge, S., Hong, D.Y. (2001). Genetic variation within and among populations of a wild rice *Oryza granulate* from China detected by RAPD and ISSR markers. *Theor. Appl. Genet.* Vol. 102, pp. 440–449.
 17. Reddy, P.M., Sarla, N., Siddiq, E.A. (2002). Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. *Euphytica*. Vol. 128, pp. 9–17.
 18. Šiško, M., Ivančič, A., Šušek, A. (2021). Determination of Raspberry Cultivar Authenticity Based on Multiplexed Microsatellite Fingerprinting. *International journal of fruit science*. Vol. 21 (1), pp. 1018–1029. DOI: 10.1080/15538362.2021.1975011
 19. Waugh, R., van de Ven, W.T.G., Phillips, M.S., Powell, W. (1990). Chloroplast DNA diversity in the genus *Rubus* (Rosaceae) revealed by Southern hybridization. *Plant Syst. Evol.* Vol. 172, pp. 65–75.
 20. Weber, C.A. (2003). Genetic diversity in black raspberry (*Rubus occidentalis* L.) detected by RAPD markers. *HortScience*. Vol. 38, pp. 269–272.
 21. Zietkiewicz, E., Rafalski, A., Damian, L. (1994). Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*. Vol. 20(2), pp. 176–183.
 22. Zinodini, A., Farshadfar, M., Safari, H., Moradi, F., Shirvani, H. (2013). Study of genetic relationships of some mint species using ISSR markers. *Crop Biotechnology*. Vol. 5, pp. 11–21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s122520783.1392.3.5.2.7>.

Molecular-genetic characteristics of raspberry varieties based on ISSR-PCR markers

Dyman N., Karpuk L.

For the first time 12 raspberry varieties cultivated in Ukraine were analyzed for their genetic structure using ISSR-PCR markers, and the effectiveness of using this type of marker for studying genetic polymorphism and the relatedness of raspberry varieties was evaluated. DNA extraction was performed from fresh plant material using young raspberry leaves. DNA was extracted using a CTAV buffer.

In order to select informative ISSR markers for raspberry genome analysis, 31 primers were tested – 21 with a dinucleotide core sequence and 10 with a trinucleotide sequence. Based on the results of primer screening, four dinucleotide ISSR primers, (AG)₈YG, (AG)₉C, (AC)₈C, and (AG)₉C, and three trinucleotide primers, (ACC)₆G, (GTG)₆A, and (GAG)₆G, were selected for further molecular-genetic analysis of varietal polymorphism.

A high level of polymorphism of ISSR markers was identified in raspberries. The average number of alleles per locus was 1.795, the average effective number of alleles per locus was 1.44, the average Shannon diversity index was 0.398, and the average

expected heterozygosity was 0.262. The range of genetic distances between the studied varieties ranged from 0.109 to 0.606, and genetic relatedness indices ranged from 0.896 to 0.545.

It was concluded that the ISSR-PCR multilocus DNA profiling method is highly informative for the genetic identification of raspberry varieties. The

ISSR markers studied may be useful for characterizing the genetic structure, distinguishing between raspberry varieties, and selecting the most promising options for crossing.

Key words: raspberry, *Rubus idaeus* L., polymorphism, ISSR-PCR markers, genetic differentiation.



Copyright: Димань Н.О., Карпук Л.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Димань Н.О.

Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0000-0003-4087-2957>

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.854.78

**Вплив різних схем застосування гербіцидів
на запилення соняшнику медоносними бджолами**Добренський О.А. 

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН



E-mail: Добренський О.А. E-mail: Alex@lennardag.com



Добренський О.А. Вплив різних схем застосування гербіцидів на запилення соняшнику медоносними бджолами. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 38–46.

Dobrenkyi O. The effect of different herbicide application schemes on sunflower pollination by honey bees. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 38–46.

Рукопис отримано: 05.09.2025 р.

Прийнято: 22.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-38-46

Висвітлено, що застосування різних схем контролю бур'янів на соняшнику (*Helianthus annuus* L.) впливало на активність медоносних бджіл (*Apis mellifera* L.) і якість врожаю соняшнику. Дослід було закладено впродовж 2022–2024 рр. на експериментальному полі ДУ «Інститут зернових культур» НААН. Було досліджено три гібриди соняшнику (Білоба CLP, НК Неома, Сувекс). Схема досліду передбачала в себе механічну прополку (контроль), дві схеми із ґрунтовими гербіцидами (Примекстра TZ Gold + Яструб; Екліпс + Філдер) та післясходові гербіциди (Геліантекс; Стелс; Челенж). Бджолосім'ї розміщували із розрахунку 5 бджолосімей/га; відвідуваність кошиків реєстрували за допомогою відеомоніторингу (24 GoPro камери) у час найбільшої активності бджіл. З отриманих відеоматеріалів оцінювали середню кількість відвідувань на кошик у 3-разовій повторності. Вміст олії визначали після обмолоту ділянок. Встановлено, що контрольний варіант забезпечив найвищу привабливість для бджіл (6,11 відвідувань/кошик/10 хв). Внесення ґрунтових гербіцидів зменшувало показник привабливості у середньому на 29–56 %: мінімальне зменшення було зафіксовано для схеми гербіцидного захисту Примекстра TZ Gold + Яструб (–29 %), максимальне – для схеми Екліпс+Філдер (–56 %). Післясходові гербіциди зменшували відвідуваність на 33–86 % (Челенж –33 %, Геліантекс –82 %). У посушливому 2024 р. активність бджіл була найнижчою (1,28 відвідувань/10 хв). За вмістом олії найменше відхилення від контролю спостерігали для схеми гербіцидного захисту Примекстра TZ Gold + Яструб (–1,16 %), тимчасом внесення гербіциду Челенж підвищило показник вмісту олії у гібрида Сувекс на 2,26 %. Гібрид НК Неома вирізнявся найвищою стабільністю. Зроблено висновок про доцільність пріоритету ґрунтових програм та зваженого використання післясходових гербіцидів, насамперед Геліантекс у посушливі роки. Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз нектаровиділення соняшнику за різних гербіцидних схем захисту соняшнику.

Ключові слова: соняшник, медоносні бджоли, запилення, контроль бур'янів, вміст олії, дефіцит вологи.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є провідною олійною культурою в Україні, а його продуктивність та якість насіння істотно залежать від ефективності запилення. У сучасній літературі підтверджено істотну, однак варіабельну залежність соняшнику (*Helianthus annuus* L.) від запилювачів. Низка

робіт показує, що участь медоносної бджоли (*Apis mellifera* L.) підвищує зав'язування насіння, вирівнює масу зернівки та може поліпшувати вміст олії, однак величина ефекту істотно залежить від генотипу та агроекологічного контексту [1–4]. Зокрема, для різних гібридів ступінь потреби у запилювачах коливається, що зумовлює відмінності в очікуваній віддачі

від розміщення пасік та керування чисельністю бджолосімей [2–4]. Окремий напрям досліджень присвячено впливу пестицидів на запилювачів. Узагальнюючі огляди останніх років наголошують: безпосередні токсичні ефекти для бджіл найчастіше пов'язані з інсектицидами, тимчасом гербіциди проявляють переважно опосередковану дію через скорочення нектаро- і пилюконосної флори та зміни фітоценозів на узбіччях і в міжряддях [5, 8–9, 15–17]. Водночас з'являються дані про сублетальні ефекти окремих гербіцидів (напр., гліфосату) на когнітивні функції джмелів, що потенційно впливають на їхню здатність до ефективного збирання нектару [6, 18–20]. Просторово-масштабні аналізи також демонструють, що інтенсивність застосування пестицидів є суттєвим чинником зниження різноманіття диких бджіл, порівняно з іншими чинниками землекористування [7].

Для сояшнику окреслено кілька ключових аспектів. По-перше, навіть за селекційно підвищеної здатності до самозапилення, сучасні гібриди демонструють різну віддачу на зростання щільності запилювачів: у насінницьких посівах ефект істотніший, ніж у товарних [1–4, 11]. По-друге, чинники середовища (посуха, температурні аномалії) змінюють інтенсивність нектаровиділення й поведінку бджіл, що впливає на реалізацію генетичного потенціалу олійності (та врожайності) гібридів сояшнику [4, 10]. По-третє, специфіка гербіцидних програм (фази й строки внесення, діючі речовини, рівень пригнічення фонові флори) здатна опосередковано змінювати доступність кормових ресурсів для апіофауни, однак систематичні багатофакторні польові оцінки для сояшнику все ще поодинокі [5–6, 8–9].

Щодо засобів захисту, поруч із відомими прямими ризиками інсектицидів, накопичуються дані про опосередковані та сублетальні впливи інших класів пестицидів. Було показано, що ландшафт поля може визначати профілі пестицидних залишків у матрицях вулика, зокрема в агроландшафтах частіше фіксують підвищену експозицію, тимчасом лісові плями знижують ризик [25]. Паралельно, польові методики моніторингу «current-use pesticides» у квітах/пилку та бджолах підтверджують мультизалишкову експозицію, де гербіциди часто є найпоширенішими сполуками [26–27]. Для сояшникових полів США були зафіксовані залишки активних речовин гербіцидів у диких бджіл, що підкреслює реальність взаємодії навіть у випадку внесення гербіциду перед цвітінням [28–29, 31]. Разом з даними про проникнення і короткотривалу

персистентність фоліарних обробок у пилку/нектар на інших культурах (динні, гарбузові), це потребує особливо зваженого підходу до страхових обробок у фазу бутонізації–цвітіння [29–30].

У вітчизняному науковому полі за останні роки зросла увага до ролі медоносних бджіл у формуванні продуктивності сояшнику, що відображено в спеціалізованих журналах із бджільництва та аграрної тематики; публікації акцентують як на агротехнічних аспектах використання бджолосімей, так і на економічних ефектах [12–14]. На тлі суттєвих кліматичних викликів для України (просторова мозаїка посухи, коливання площ сояшнику) є потреба в локалізованих дослідженнях взаємодії «генотип × погода × технологія захисту × активність запилювачів» [15–16]. Нове генетично-фенотипове підґрунтя також деталізує зв'язок між нектарними ознаками та поведінкою запилювачів. Поряд із демонстрацією значущих G×E-ефектів на нектаровиділення в сояшнику [21], недавні досліді з великою панеллю інбредних ліній виявили, що контрастні фенотипи нектару не завжди прогнозують відвідуваність дикими бджолами; отже, окрім кількісних ознак винагород, важать також інші сигнали та контекст середовища [22–24]. Водночас бракує уніфікованих протоколів інструментальної реєстрації відвідуваності (безперервне відеоспостереження, фіксовані часові вікна) у поєднанні з оцінкою олійності, а також чіткої порівняльної характеристики ґрунтових і післясходових гербіцидних схем у контексті збереження привабливості для запилювачів [5–6, 8–10].

Для зони Південного та Східного Лісостепу і Степу України бракує польових робіт, що одночасно й уніфіковано оцінюють відвідуваність кошиків бджолами та якість насіння за різних схем гербіцидного захисту і на різних гібридах. Додатковою прогалиною є нестача стандартизованих методів реєстрації активності запилювачів (безперервне відеоспостереження, фіксовані часові інтервали) у поєднанні зі статистично коректним багатофакторним аналізом.

Отже, існує наукова й практична потреба кількісно оцінити, як конкретні гербіцидні технології впливають на принаду суцвіть для бджіл, і чи трансформується цей вплив у зміни вмісту олії з урахуванням гібридних особливостей та міжрічної посухи.

Мета дослідження – виявити вплив різних ґрунтових і післясходових схем контролю бур'янів на відвідуваність кошиків сояшнику медоносними бджолами; охарактеризувати

пов'язані з цим зміни олійності насіння; з'ясувати модифікуючу роль генотипу і погодних умов; описати практичні рекомендації щодо добору гербіцидних програм, сумісних із збереженням привабливості для запилювачів.

Матеріал і методи дослідження. Ділянки було закладено на дослідному полі ДУ Інститут зернових культур НААН, с. Василівка Дніпропетровської області. Ділянки, довжиною 21,5 м та шириною 2,8 м, висівали рандомізовано гібридами Білоба КЛП, Сувекс, НК Неома одночасно із запланованою густиною на момент збирання 55 тис. насінин/га.

Дослідження проводили за умов використання контрольного варіанта (механічна прополка) та застосування різних гербіцидів (грунтових і страхових), що були внесені згідно з рекомендаціями компанії-виробника (табл. 1).

Таблиця 1 – Схема досліджень

Гербіцид	Гібрид
Контроль (механічна прополка)	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Грунтовий гербіцид Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Грунтовий гербіцид Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Геліантекс 45 г/га	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Стелс 0,35 л/га	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Челенж 0,4 л/га	Білоба КЛП
	НК Неома
	Сувекс
Страховий гербіцид Пульсар Флекс 1,6 л/га	Білоба КЛП
	НК Неома
Страховий гербіцид Гранстар 40 г/га	Сувекс

На дослідному полі було встановлено бджолосім'ї із розрахунку 5 бджолосім'ей на 1 га. Бджолосім'ї розташовували так, щоб була однакова довжина маршруту від пасіки до всіх дослідних ділянок.

З метою фіксації відвідувань бджолами, на ділянках які досліджували в період цвітіння соняшнику були встановлені 24 відеокамери GoPro. Відеофіксацію проводили з 10 до 12 години (по 30 хв на кожне повторення + 30 хв на переміщення обладнання) та впродовж чотирьох днів. Загалом, камери стояли в трьох

повтореннях. Після аналізу даних з камери відеофіксації, було проаналізовано показники привабливості квіток для бджіл та розроблено систему оцінки за балами (середня кількість відвідувань на кошик за 10 хвилин, де 1 відвідування було еквівалентне 1 балу, а 10 відвідувань – відповідно 10 балів).

Експериментальний період (2022–2024 рр.) характеризувався значною варіабельністю кліматичних умов, зокрема кількістю та місячним розподілом опадів, що безпосередньо вплинуло на розвиток і олійність соняшнику (табл. 2).

У 2022 році середньодобова температура була вищою на 1,08 °C у порівнянні із середнім багаторічним показником. Загальна кількість опадів впродовж вегетаційного періоду (квітень–вересень) становила 209,3 мм, що значно нижче за середнє багаторічне (на 23,7 мм). Основний дефіцит опадів спостерігався у травні (19 мм) та червні (29 мм), що спричинило водний стрес на критичних етапах росту та розвитку, таких як ранній вегетативний ріст, цвітіння та налив насіння.

У 2023 році середньодобова температура була вищою на 1,68 °C у порівнянні із середнім багаторічним показником. Кількість опадів за той самий період становила 246 мм, що перевищило середнє багаторічне на 13 мм. Опади у квітні (102 мм) значно перевищували середнє багаторічне на 57 мм, що забезпечило достатню вологість для початкового розвитку рослин. Проте у травні та червні спостерігався значний дефіцит вологи. Опади в липні (42 мм) частково компенсували нестачу вологи, але водночас спричинили вилягання рослин на деяких ділянках, що негативно вплинуло на вміст олії.

У 2024 році кількість опадів за вегетаційний період становила 111,6 мм, що значно нижче за середнє багаторічне на 121,4 мм. Дефіцит вологи був особливо вираженим у травні (12,0 мм) та серпні (1,6 мм), які є критичними фазами для вегетативного росту та наливу насіння. Також, середньодобова температура була вищою на 3,12 °C у порівнянні із середнім багаторічним показником, що стало антирекордом за період 2022–2024 рр. Нестача опадів суттєво вплинула на розвиток соняшнику, що призвело до зниження виповненості насіння та вмісту олії відповідно.

Результати дослідження та їх обговорення. Контрольний варіант (механічна прополка) забезпечив найвищу середню привабливість для бджіл (6,11 шт./кошик за 10 хв). Застосування гербіцидів призвело до зниження цього показника у всіх варіантах, хоча рівень впливу залежав від препарату (табл. 3).

Таблиця 2 – Середньодобова температура (°C) та сума опадів (мм) за період досліджень.
Метеостанція Дніпровського аеропорту, 2022–2024 рр.

Рік	Місяць						± до середніх багаторічних показників
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
Середньодобова температура (°C)							
2022	11,8	16,4	21,6	24,3	23,8	17,2	+1,08
2023	12,0	17,2	22,0	25,0	24,5	18,0	+1,68
2024	15,5	16,4	23,2	26,6	24,6	21,0	+3,12
Середнє за 3 роки	12,1	16,7	22,3	24,5	23,8	17,4	+1,37
Середнє багаторічне	11,8	16,4	20,2	22,4	21,6	16,2	
Опади (мм)							Сума опадів, мм
Рік	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
2022	45,3	19,0	29,0	35,0	46,0	35,0	209,3
2023	102,0	29,0	29,0	42,0	30,0	14,0	246,0
2024	14,0	12,0	29,0	44,0	1,6	11,0	111,6
Середнє за 3 роки	53,8	20,0	29,0	40,3	39,2	29,7	212,0
Середнє багаторічне	45	29	34	42	45	38	233

Таблиця 3 – Вплив різних схем застосування гербіцидів на привабливість бджіл, 2022–2024 рр.

Гербіцид (А)	Гібрид (В)	Привабливість бджіл, шт./кошик за 10 хв (D)				± до контролю	
		2022	2023	2024	середнє	шт./кошик	%
Контроль	Білоба КЛП	7,00	9,00	2,00	6,00	-	-
	НК Неома	7,00	9,00	5,00	7,00	-	-
	Сувекс	6,00	9,00	1,00	5,33	-	-
	середнє	6,67	9,00	2,67	6,11	-	-
Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га	Білоба КЛП	6,00	6,00	2,00	4,67	-1,33	-22
	НК Неома	5,00	8,00	2,00	5,00	-2,00	-29
	Сувекс	5,00	4,00	1,00	3,33	-2,00	-37
	середнє	5,33	6,00	1,67	4,33	-1,78	-29
Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га	Білоба КЛП	4,00	3,00	1,00	2,67	-3,33	-56
	НК Неома	4,00	3,00	1,00	2,67	-4,33	-62
	Сувекс	5,00	3,00	0,00	2,67	-2,66	-50
	середнє	4,33	3,00	0,67	2,67	-3,44	-56
Геліантекс 45 г/га	Білоба КЛП	3,00	1,00	0,00	1,33	-4,67	-78
	НК Неома	2,00	1,00	0,00	1,00	-6,00	-86
	Сувекс	1,00	1,00	1,00	1,00	-4,33	-81
	середнє	2,00	1,00	0,33	1,11	-5,00	-82
Стелс 350 мл/га	Білоба КЛП	4,00	4,00	1,00	3,00	-3,00	-50
	НК Неома	4,00	5,00	3,00	4,00	-3,00	-43
	Сувекс	4,00	4,00	0,00	2,67	-2,66	-50
	середнє	4,00	4,33	1,33	3,22	-2,89	-47
Челенж 0,4 л/га	Білоба КЛП	5,00	6,00	1,00	4,00	-2,00	-33
	НК Неома	4,00	8,00	1,00	4,33	-2,67	-38
	Сувекс	5,00	6,00	1,00	4,00	-1,33	-25
	середнє	4,67	6,67	1,00	4,11	-2,00	-33
Середнє	Білоба КЛП	4,83	4,83	1,17	3,61	-	-
	НК Неома	4,33	5,67	2,00	4,00	-	-
	Сувекс	4,33	4,50	0,67	3,17	-	-
	середнє	4,50	5,00	1,28	3,59	-	-
Пульсар Флекс 1,6 л/га	Білоба КЛП	4,00	6,00	0,00	3,33	-2,67	-44
	НК Неома	4,00	7,00	1,00	4,00	-3,00	-43
	середнє	4	6,50	0,50	3,67	2,84	43,5
Гранстар 40 г/га	Сувекс	3,00	7,00	0,00	3,33	-2,00	-37
НІР ₀₅	А – 0,24; В – 0,19; D – 0,21; АВ – 0,46; AD – 0,44; BD – 0,41; ABC – 0,66.						

Отже, ґрунтові гербіциди загалом спричиняли зниження відвідуваності кошиків соняшнику бджолами у середньому на 29 і 56 %. Найменший негативний ефект мала бакова суміш з гербіцидів Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га, за якої відвідуваність кошиків бджолами знижувалася на 29 % у порівнянні із контролем. Тимчасом бакова суміш гербіцидів Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га призвела до ще більш значного (–56 %) зниження привабливості для бджіл.

Досліджувані страхові гербіциди показали ще більш негативний вплив, зменшуючи привабливість рослин соняшнику для бджіл на 25–86 %. Зокрема найменший вплив серед страхових гербіцидів зафіксований у варіанті із внесенням Челенж 0,4 л/га, за якого відвідуваність кошиків бджолами зменшилася у середньому на 25 % порівняно з контролем, а варіант із внесенням Геліантексу в дозі 45 г/га мав найгірший ефект – привабливість для бджіл зменшилася у середньому на 82 %.

Варто зазначити, що відвідуваність рослин соняшнику бджолами значною мірою залежала від року вирощування. Зокрема, у сприятливій 2022 та 2023 рр. середня відвідуваність кошиків бджолами становила 4,5–5,0 шт./10 хв, у посушливому 2024 р. цей показник становив у середньому 1,28 шт./10 хв.

Встановлено, що найбільший вміст олії в насінні соняшнику – у середньому 52,24 % був на контролі, де не застосовували внесення гербіцидів. Серед ґрунтових гербіцидів найменше зниження вмісту олії у порівнянні з таблконтролем спостерігалось у разі застосування бакової суміші гербіцидів Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га (табл. 4). Середнє зниження вмісту олії за цього варіанта становило 1,16 %, що є найменшим показником серед усіх досліджуваних ґрунтових гербіцидів. Найменші втрати щодо вмісту олії спостерігалися у гібрида Сувекс (–0,31 %), а найбільші – у гібрида Білоба КЛП (–1,67 %).

Таблиця 4 – Вплив різних схем застосування гербіцидів на вміст олії, 2022–2024 рр.

Гербіцид (А)	Гібрид (В)	Вміст олії, % (С)				± до контролю %
		2022	2023	2024	середнє	
Контроль	Білоба КЛП	51,30	57,00	52,50	53,60	-
	НК Неома	50,80	53,25	54,87	52,97	-
	Сувекс	50,00	51,80	48,62	50,14	-
	середнє	50,70	54,02	52,00	52,24	-
(Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га)	Білоба КЛП	49,50	54,87	51,41	51,93	-1,67
	НК Неома	48,80	54,87	50,80	51,49	-1,48
	Сувекс	48,60	52,50	48,38	49,83	-0,31
	середнє	48,97	54,08	50,20	51,08	-1,16
Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га	Білоба КЛП	48,60	52,26	52,50	51,12	-2,48
	НК Неома	48,70	51,22	50,80	50,24	-2,73
	Сувекс	48,40	48,89	47,96	48,42	-1,72
	середнє	48,57	50,79	50,42	49,93	-2,31
Геліантекс 45 г/га	Білоба КЛП	46,50	45,29	48,47	46,75	-6,85
	НК Неома	46,60	48,26	47,94	47,60	-5,37
	Сувекс	48,50	46,56	46,98	47,35	-2,79
	середнє	47,20	46,70	47,80	47,23	-5,00
Стелс 350 мл/га	Білоба КЛП	49,70	51,40	48,60	49,90	-3,70
	НК Неома	49,80	50,60	49,95	50,12	-2,86
	Сувекс	46,30	50,60	49,68	48,86	-1,28
	середнє	48,60	50,87	49,41	49,63	-2,61
Челенж 0,4 л/га	Білоба КЛП	48,10	55,03	48,97	50,70	-2,90
	НК Неома	48,40	51,60	48,47	49,49	-3,48
	Сувекс	50,10	53,84	53,25	52,40	2,26
	середнє	48,87	53,49	50,23	50,86	-1,38
Середнє	Білоба КЛП	48,95	52,64	50,41	50,67	-
	НК Неома	48,85	51,63	50,47	50,32	-
	Сувекс	48,65	50,70	49,15	49,50	-
	середнє	48,82	51,66	50,01	50,16	-
Пульсар Флекс 1,6 л/га	Білоба КЛП	50,10	51,41	48,86	50,12	-3,48
	НК Неома	49,50	53,84	48,47	50,60	-2,37
Гранстар 40 г/га	Сувекс	49,10	48,62	47,98	48,57	-1,57
НІР ₀₅		А – 1,96; В – 2,01; С – 2,45; АВ – 3,93; АС – 4,44; ВС – 4,47; АВС – 6,31.				

Натомість застосування бакової суміші гербіцидів Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га спричинило суттєвіше зниження середнього вмісту олії – у середньому на 2,31 % порівняно з контролем, що вказує на більш виражений негативний вплив цієї гербіцидної схеми на якість насіння.

Єдиний страховий гербіцид, що продемонстрував позитивний ефект на вміст олії у порівнянні з контролем – це Челенж у дозі 0,4 л/га. На фоні внесення цього гербіциду середній вміст олії у гібрида Сувекс підвищився у середньому на 2,26 % порівняно з контролем. Однак для інших гібридів спостерігалось зниження вмісту олії порівняно з контролем, що призвело до загального середнього від'ємного показника –1,38 %.

Найбільше зниження середнього вмісту олії відбулося у разі застосування гербіциду Геліантекс у дозі 45 г/га, яке становило у середньому 5 % порівняно з контролем, зокрема максимальні втрати були у гібрида соняшнику Білоба КЛП, які становили в середньому 6,85 %. Значне зниження вмісту олії в насінні також спостерігали за використання гербіциду Стелс у дозі 350 мл/га – у середньому 2,61 % порівняно з контролем, а також за використання гербіциду Пульсар Флекс у дозі 1,6 л/га – відповідно на 2,93 % менше порівняно з контролем.

Висновки. Встановлено, що найбільший вміст олії та активність бджіл забезпечував контрольний варіант (механічна прополка), що вказує на важливість механічного контролю бур'янів у землеробстві. Ґрунтові гербіциди (зокрема, Екліпс 2,0 л/га + Філдер 2,0 л/га та Примекстра ТЗ Голд 4,5 л/га + Яструб 2,0 л/га) дозволяли підтримувати відносно середній рівень активності запилювачів. Найбільш ефективним серед ґрунтових гербіцидів щодо збереження активності запилювачів була бакова суміш Екліпс + Філдер, а серед страхових гербіцидів – Стелс 0,35 л/га. Застосування страхового гербіциду Геліантекс значно знижувало активність бджіл, що могло бути пов'язано з токсичною дією препаратів або їхнім впливом на нектаровиділення. Гібрид соняшнику НК Неома був найбільш стійким до різних схем застосування гербіцидів, що підтверджувалося статистично значущими відмінностями між досліджуваними генотипами. Доведено, що найменший негативний вплив серед ґрунтових гербіцидів на вміст олії мав варіант Примекстра ТЗ Голд + Яструб, який забезпечив відносно незначне зниження вмісту олії (–1,16 %) порівняно з контролем, а серед страхових – Челенж 0,4 л/га,

що підвищив вміст олії у гібрида Сувекс на 2,26 %. Найбільш негативний вплив на вміст олії мав страховий гербіцид Геліантекс 45 г/га, спричинивши середнє зниження вмісту олії на –5 %, з найбільшими показниками у гібрида Білоба КЛП (–6,85 %). Отже, використання ґрунтового гербіциду Примекстра ТЗ Голд + Яструб та страхового гербіциду Челенж 0,4 л/га було найбільш доцільним з погляду мінімізації втрат вмісту олії у насінні соняшнику.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ferguson B. Honey bee (*Apis mellifera* L.) foraging rewards in sunflowers: effect of floral traits on visitation and variation in pollen quality over two consecutive years. *Journal of Apicultural Research*. 2024. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2024.2364948>
2. Understanding pollinator contribution to inform agri-environment schemes in sunflowers / L. Mota et al. *Agricultural Systems*. 2024. DOI: 10.1016/j.agsy.2024.103979
3. Prasifka J.R., Yoshimura-Ferguson M.E., Fugate K.K. Genotype and environment effects on sunflower nectar and their relationships to crop pollination. *Journal of Pollination Ecology*. 2023. 33(4). P. 54–63. DOI: 10.26786/1920-7603(2023)719.
4. Pesticide impacts on insect pollinators: Current knowledge and future research challenges / P. Basu et al. *Science of the Total Environment*. 2024. 954. 176656. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.176656
5. Effects of glyphosate and glyphosate-based herbicide on learning and memory of the buff-tailed bumblebee (*Bombus terrestris*) / K. Kaakinen et al. *Ecological Entomology*. 2024. DOI: 10.1111/eea.13418
6. Impact of pesticide use on wild bee distributions across the United States / L.M. Guzman et al. *Nature Sustainability*. 2024. 7(10). P. 1324–1334. DOI: 10.1038/s41893-024-01413-8.
7. Pesticide hazard, floral resource availability and natural enemies interactively drive the fitness of bee species depending on their crop fidelity / A. Knauer et al. *Science of the Total Environment*. 2024. 922. 171058. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171058.
8. Pesticide use negatively affects bumble bees across European landscapes / C.C. Nicholson et al. *Nature*. 2024. 628(8007). P. 355–358. DOI: 10.1038/s41586-023-06773-3.
9. A guide to sunflowers: floral resource nutrition for bee products / S. Husband et al. *Frontiers in Plant Science*. 2025. 16. 1552335. DOI: 10.3389/fpls.2025.1552335.
10. Water Deprivation and Sowing Times Alter Plant Morphology and Yield of Sunflower / Q. Ali et al. *Plants*. 2024. 13(22). 3194. DOI: 10.3390/plants13223194.
11. Гречка Г.М., Кулинич І.М. Соняшник – універсальна культура в сучасному сільськогосподарському виробництві України. Бджільництво

України. 2023. (11). С. 23–30. DOI: 10.46913 / beekeepingjournal.

12. Кулинич І.М., Соловйова Т.М. Вплив бджолозапилення на насінневу продуктивність соняшнику. Бджільництво України. 2021. (6). С. 44–48. URL: <https://bdzhilnytstvo.com.ua/elektronnij-zhurnal/arkhiv-nomeriv-2021-roku/bdzilnitstvo-ukrayini--6-2021>

13. Сенчук Т.Ю., Шакалій С.М., Атарщикова А.М., Діденко В.І. Фуражні особливості поведінки медоносних бджіл в агрофітоценозах соняшнику в умовах Полтавської обл. Агроекологічний журнал. 2023. (1). С. 58–64. URL: <http://agroecology-journal.com/en/archive/2023/1/12>

14. Field-realistic acute exposure to glyphosate-based herbicides—A review of impacts on non-target organisms with emphasis on pollinators / M. Helander et al. *Science of the Total Environment*. 2023. 857. 159396. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159396.

15. Estimation of sunflower planted areas in Ukraine during full-scale invasion using Sentinel-1 SAR / A. Qadir et al. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2024. 126. 103625. DOI: 10.1016/j.jag.2024.103625.

16. Nectar dynamics and pollinators preference in sunflower / G. Bergonzoli et al. *Insects*. 2022. 13(8). 717 p. DOI: 10.3390/insects13080717.

17. The all-day pollinator visits of sunflower inflorescences in *Helianthus annuus* plantations are independent of head orientation: Testing a widespread hypothesis / G. Horváth et al. *Plant J.* 02412. P. 1563–1576. DOI: 10.1111/tpj.17070.

18. Managed honeybees and soil nitrogen availability interactively modulate sunflower production in intensive agricultural landscapes of China / P. Wu et al. *Journal of Economic Entomology*. 2024. 118(1). P. 19–27. DOI: 10.1093/jee/toae280/

19. Effects of glyphosate-based herbicide exposure on bumble bee foraging: evidence from field-realistic studies / H.M. Thompson et al. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2022. 41(8). P. 2076–2087. DOI: 10.1002/etc.5301.

20. Genetic mapping of a pollinator preference trait: Nectar volume in sunflower (*Helianthus annuus* L.) / A.C. Barstow et al. *Front Plant Science*. 2022. 13. 1056278. DOI: 10.3389/fpls.2022.1056278.

21. Pollinators significantly enhance seed set, yields and chemical parameters of oil seed in sunflower crops / L.D. Amarilla et al. *Field Crops Research*. 2025. 322. 109736. DOI: 10.1016/j.fcr.2025.109736.

22. Prasifka J.R., Fugate K.K., Hulke B.S. Wild bee visitation unaffected by disparate nectar phenotypes in a sunflower inbred line population. *Crop Science*. 2025. DOI: 10.1002/csc2.70093.

23. Brewer G.J., Miwa K., Hanford K. Measuring Bee Effects on Seed Traits of Hybrid Sunflower. *Plants*. 2023. 12(14). 2662 p. DOI: 10.3390/plants12142662.

24. Progresses of the international community to understand sunflower–pollinator interactions through multiscale approaches / O. Catrice et al. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2023. 30. 17 p. DOI: 10.1051/ocl/2023006.

25. Hisamoto S., Ikegami M., Goka K., Sakamoto Y. The impact of landscape structure on pesticide exposure to honey bees. *Nature Communications*. 2024. 15. 8999. DOI: 10.1038/s41467-024-52421-3.

26. Honert C., Wifling K., Lazo Hernández M.J., Brühl C.A. Assessment of current-use pesticides in flowers, pollen provision, and wild bees: HPLC-ESI-MS/MS method development and field implementation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2025. DOI: 10.1007/s00216-025-11020-3.

27. Comparing relative pesticide risk exposure for wild bees across crops using an evidence-based risk index / D.S.W. Chan et al. *Science of the Total Environment*. 2024. 940. 173636. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.173636.

28. Hladik M.L., Vandever M., Smalling K.L. Exposure of native bees foraging in an agricultural landscape to current-use pesticides. *U.S. Geological Survey*, 2022–2024. URL: <https://pubs.usgs.gov/publication/70258246>

29. Multiple pesticide residues in pollen and nectar of melon crop flowers and their potential risks in three bee species / C. Azpiazu et al. *Environmental Pollution*. 2023. 326. 121441. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121441.

30. Short-term persistence of foliar insecticides and fungicides in leaves, pollen and nectar and implications for bee exposure / J.L. Novotny et al. *PLOS ONE*. 2025. 20(7). e0311634. DOI: 10.1371/journal.pone.0311634.

31. Exploring *Helianthus* species for resilience to drought and elevated temperatures: biometric traits, nectar/pollen components and pollinator presence / J. Jocković et al. *Plants*. 2025. 14(3). 631 p. DOI: 10.3390/plants14030631.

REFERENCES

1. Ferguson, B., Prasifka, J.R., Carroll, M.J., Corby-Harris, V.L., Hoffman, G.D. (2024). Honey bee (*Apis mellifera* L.) foraging rewards in sunflowers: effect of floral traits on visitation and variation in pollen quality over two consecutive years. *Journal of Apicultural Research*. DOI: 10.1080/00218839.2024.2364948

2. Mota, L., Loureiro, J., González, J.A., Hevia, V. (2024). Understanding pollinator contribution to inform agri-environment schemes in sunflowers. *Agricultural Systems*. DOI: 10.1016/j.agry.2024.103979

3. Prasifka, J.R., Yoshimura-Ferguson, M.E., Fugate, K.K. (2023). Genotype and environment effects on sunflower nectar and their relationships to crop pollination. *Journal of Pollination Ecology*. no. 33(4), pp. 54–63. DOI: 10.26786/1920-7603(2023)719

4. Basu, P., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Garibaldi, L.A. (2024). Pesticide impacts on insect pollinators: current knowledge and future research challenges. *Science of the Total Environment*. no. 954, 176656. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.176656

5. Kaakinen, K., Goulson, D., Sorvari, J., Mappes, J. (2024). Effects of glyphosate and glyphosate-based herbicide on learning and memory of the

- buff-tailed bumblebee (*Bombus terrestris*). *Ecological Entomology*. DOI: 10.1111/eea.13418
6. Guzman, L.M., Pandolfino, J.E., Portman, Z.M., Kerr, J.T., Kremen, C. (2024). Impact of pesticide use on wild bee distributions across the United States. *Nature Sustainability*. no. 7(10), pp. 1324–1334. DOI: 10.1038/s41893-024-01413-8
 7. Knauer, A., Naef, C., Albrecht, M. (2024). Pesticide hazard, floral resource availability and natural enemies interactively drive the fitness of bee species depending on their crop fidelity. *Science of the Total Environment*. no. 922, 171058. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171058
 8. Nicholson, C.C., Fijen, T.P.M., Holzschuh, A. (2024). Pesticide use negatively affects bumble bees across European landscapes. *Nature*. no. 628(8007), pp. 355–358. DOI: 10.1038/s41586-023-06773-3
 9. Husband, S., Cankar, K., Catrice, O., Chabert, S., Erler, S. (2025). A guide to sunflowers: floral resource nutrition for bee products. *Frontiers in Plant Science*. no. 16, 1552335. DOI: 10.3389/fpls.2025.1552335
 10. Ali, Q., Ali, M., Khan, F.Z.A., Nourelddeen, A., Alghamdi, A., Darwish, H. (2024). Water deprivation and sowing times alter plant morphology and yield of sunflower. *Plants*. no. 13(22), 3194. DOI: 10.3390/plants13223194
 11. Hrechka, H.M., Kulynych, I.M. (2023). Soniashnyk – universalna kultura v suchasnomu silskohospodarskomu vyrobnytstvi Ukrainy [Sunflower as a universal crop in modern agricultural production of Ukraine]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy [Beekeeping of Ukraine]*. no. (11), pp. 23–30. DOI: 10.46913/bee-keepingjournal.2023.11.04
 12. Kulynych, I.M., Soloviova, T.M. (2021). Vplyv bdzholozapylennia na nasinnieviu produktyvnist soniashnyku [Impact of bee pollination on sunflower seed productivity]. *Bdzhilnytstvo Ukrainy [Beekeeping of Ukraine]*. no. 6, pp. 44–48. Available at: <https://bdzhilnytstvo.com.ua/elektronnij-zhurnal/arkhiv-nomeriv-2021-roku/bdzhilnytstvo-ukrayini--6-2021>
 13. Senchuk, T.Yu., Shakalii, S.M., Atarshchykova, A.M., Didenko, V.I. (2023). Forazhni osoblyvosti povedinky medonosnykh bdzhil v ahrofitotsenozakh soniashnyku v umovakh Poltavskoi oblasti [Foraging behaviour of honey bees in sunflower agrocoenoses in Poltava region]. *Ahroekolohichniy zhurnal [Agroecological Journal]*. no. (1), pp. 58–64. Available at: <http://agroecology-journal.com/en/archive/2023/1/12>
 14. Helander, M., Saloniemi, I., Omacini, M. (2023). Field-realistic acute exposure to glyphosate-based herbicides: a review of impacts on non-target organisms with emphasis on pollinators. *Science of the Total Environment*. no. 857, 159396. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159396
 15. Qadir, A., Skakun, S., Becker-Reshef, I., Kussul, N., Shelestov, A., Gallego, J. (2024). Estimation of sunflower planted areas in Ukraine during full-scale invasion using Sentinel-1 SAR. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. no. 126, 103625. DOI: 10.1016/j.jag.2024.103625
 16. Bergonzoli, G., Barile, R., Tedone, L., De Mastro, G., Disciglio, G. (2022). Nectar dynamics and pollinators preference in sunflower. *Insects*. no. 13(8), 717 p. DOI: 10.3390/insects13080717
 17. Horvóth, G., Dórdai, B., Bányai, M., Szász, D., Barta, A., Egri, Á. (2024). The all-day pollinator visits of sunflower inflorescences are independent of head orientation: testing a widespread hypothesis. *The Plant Journal*. no. 120(4), pp. 1563–1576. DOI: 10.1111/tpj.17070
 18. Wu, P., Zhao, Y., Yang, J., Wu, K., Bai, J. (2024). Managed honeybees and soil nitrogen availability interactively modulate sunflower production in intensive agricultural landscapes of China. *Journal of Economic Entomology*. no. 118(1), pp. 19–27. DOI: 10.1093/jeet/toae280
 19. Thompson, H.M., Levine, S.L., Doering, J., Norman, S., Van Dijk, T.C. (2022). Effects of glyphosate-based herbicide exposure on bumble bee foraging: evidence from field-realistic studies. *Environmental Toxicology and Chemistry*. no. 41(8), pp. 2076–2087. DOI: 10.1002/etc.5301
 20. Barstow, A.C., Prasifka, J.R., Attia, Z., Kane, N.C., Hulke, B.S. (2022). Genetic mapping of a pollinator preference trait: nectar volume in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Frontiers in Plant Science*. no. 13, 1056278. DOI: 10.3389/fpls.2022.1056278
 21. Amarilla, L.D., Amarilla, E., de Mingo, J.C. (2025). Pollinators significantly enhance seed set, yields and chemical parameters of oil seed in sunflower crops. *Field Crops Research*. no. 322, 109736. DOI: 10.1016/j.fcr.2025.109736
 22. Prasifka, J.R., Fugate, K.K., Hulke, B.S. (2025). Wild bee visitation unaffected by disparate nectar phenotypes in a sunflower inbred line population. *Crop Science*. DOI: 10.1002/csc.2.70093
 23. Brewer, G.J., Miwa, K., Hanford, K. (2023). Measuring bee effects on seed traits of hybrid sunflower. *Plants*. no. 12(14), 2662. DOI: 10.3390/plants12142662
 24. Catrice, O., Holalu, S.S., Creux, N.M. (2023). Progresses of the international community to understand sunflower–pollinator interactions through multiscale approaches. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. no. 30, 17 p. DOI: 10.1051/ocl/2023006
 25. Hisamoto, S., Ikegami, M., Goka, K., Sakamoto, Y. (2024). The impact of landscape structure on pesticide exposure to honey bees. *Nature Communications*. no. 15, 8999. DOI: 10.1038/s41467-024-52421-3
 26. Honert, C., Wifling, K., Lazo Hernández, M.J., Brühl, C.A. (2025). Assessment of current-use pesticides in flowers, pollen provision, and wild bees: HPLC-ESI-MS/MS method development and field implementation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. DOI: 10.1007/s00216-025-11020-3
 27. Chan, D.S.W., Fletcher, J., Osborne, J.L. (2024). Comparing relative pesticide risk exposure for wild bees across crops using an evidence-based risk index. *Science of the Total Environment*. no. 940, 173636. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.173636

28. Hladik, M.L., Vandever, M., Smalling, K.L. (2022–2024). Exposure of native bees foraging in an agricultural landscape to current-use pesticides. U.S. Geological Survey reports/datasets. Available at: <https://pubs.usgs.gov/publication/70258246>

29. Azpiazu, C., Sánchez-Bayo, F., Urbaneja, A. (2023). Multiple pesticide residues in pollen and nectar of melon crop flowers and their potential risks in three bee species. *Environmental Pollution*. no. 326, 121441. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121441

30. Novotny, J.L., Steinhauer, N., Amy, J.A. (2025). Short-term persistence of foliar insecticides and fungicides in leaves, pollen and nectar and implications for bee exposure. *PLOS ONE*. no. 20(7), e0311634. DOI: 10.1371/journal.pone.0311634

31. Jocković, J., Terzić, S., Miladinović, D. (2025). Exploring *Helianthus* species for resilience to drought and elevated temperatures: biometric traits, nectar/pollen components and pollinator presence. *Plants*. no 14(3), 631 p. DOI: 10.3390/plants14030631

The effect of different herbicide application schemes on sunflower pollination by honey bees

Dobrenkyi O.

It was highlighted that the effects of different weed-control schemes in sunflower (*Helianthus annuus L.*) influenced the activity of honey bees (*Apis mellifera L.*) and sunflower harvest quality. The experiment was conducted in 2022–2024 at the experimental field of the State Institution “Institute of Grain Crops,” National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS). Three sunflower hybrids were studied (Biloba CLP, NK Neoma,

Suvex). The experiment design included hand weeding (control), two schemes with soil herbicides (Primextra TZ Gold + Yastrub; Eclipse + Fielder), and post-emergence herbicides (Helianthex; Stels; Challenge). Bee colonies were placed at 5 colonies/ha; visitation of sunflower heads was recorded by video monitoring (24 GoPro cameras) during peak bee activities. Based on the video materials obtained, the mean number of visits per head was assessed in three repeatabilities. The oil content was determined after threshing the plots. It was found that the control variant provided the greatest attractiveness for bees (6.11 visits/basket/10 min). Soil-applied herbicides reduced attractiveness by 29–56 % on average: the smallest reduction was recorded for Primextra TZ Gold + Yastrub (–29 %), and the largest for Eclipse + Fielder (–56 %). Post-emergence herbicides reduced visitation by 33–86 % (Challenge –33 %, Helianthex –82 %). In the dry year of 2024, bee activity was the lowest (1.28 visits/10 min). In terms of oil content, the smallest deviation from the control was observed for the herbicide protection scheme Primextra TZ Gold + Yastrub (–1.16 %), whereas the application of herbicide Challenge increased the oil content of the Suvex hybrid by 2.26 %. NK Neoma hybrid showed the highest stability. It was concluded that soil programs and the balanced use of post-emergence herbicides, primarily Gelianthex, should be prioritized in dry years. Further research will focus on analyzing sunflower nectar secretion under different herbicide protection schemes.

Key words: sunflower, honey bees, pollination, weed control, oil content, moisture deficiency.



Copyright: Добренський О.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Добренський О.А.

<https://orcid.org/0000-0002-2632-4885>

АГРОНОМІЯ

УДК 631. 811.98:633.11(477.7)

Формування елементів продуктивності рослин пшениці озимої залежно від впливу стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення в умовах Східного Лісостепу УкраїниІванов С.О. , Рожков А.О. *Державний біотехнологічний університет* isa28021979@gmail.com

Іванов С.О., Рожков А.О. Формування елементів продуктивності рослин пшениці озимої залежно від впливу стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення в умовах Східного Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 47–57.

Ivanov S., Rozhkov A. Formation of winter wheat plant productivity elements depending on the effect of growth stimulants based on humic substances under different mineral nutrition backgrounds in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 47–57.

Рукопис отримано: 04.09.2025 р.

Прийнято: 19.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-47-57

У статті наведено результати дворічних досліджень щодо впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень посівів стимуляторами росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення на формування елементів продуктивності рослин і біологічну врожайність зерна пшениці озимої сорту Богдана.

Двофакторний польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Ділянками першого порядку були два фони живлення: 1 – контроль (без добрив); 2 – припосівне внесення комплексного добрива Макростар з розрахунку $N_{15}P_{30}K_{20}$ + підживлення посівів після настання фізичної стиглості ґрунту карбамідом у дозі N_{50} + позакореневе підживлення карбамідом у 37-му мікрофазу за кодом ВВСН у дозі N_{10} . Ділянками другого порядку були сім варіантів застосування стимуляторів росту на основі гумусових речовин для обробки насіння та позакоренового внесення під час 31-ї мікрофази за кодом ВВСН.

Аналіз отриманих результатів виявив істотний позитивний вплив досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на обох фонах живлення на формування вищих елементів продуктивності рослин та більшої кількості рослин і бічних продуктивних стебел пшениці на момент збирання врожаю.

Найбільших змін зазнавала біологічна врожайність зерна, оскільки оптимізація досліджуваних чинників забезпечувала збільшення всіх елементів продуктивності. Серед досліджуваних стимуляторів росту вищу ефективність виявив БлекДжек.

Стимулятори росту Гумат Калію і Фульвігум, з погляду впливу на формування елементів продуктивності та біологічну врожайність зерна були подібними. Обробка насіння у сполученні з позакореновим підживленням цими продуктами на обох фонах живлення забезпечила формування істотно вищої біологічної врожайності зерна пшениці озимої порівняно з контролем, проте істотно поступалася варіантам де застосовували стимулятор росту БлекДжек.

Ключові слова: пшениця озима, добрива, стимулятор росту, передпосівна обробка насіння, позакореневе підживлення, елементи продуктивності.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця тривалий час залишається поза конкуренції і на сьогодні є найпоширенішою культурою як в Україні, так і світі. Поряд із соняшником пшениця в Україні належить до групи найбільш рентабельних культур, з її реалізацією не виникає проблем і будь-які партії зерна експортуються країнами ЄС, Африки та Азії. З огляду на це, логічно постає питання підвищення врожайності зерна та відповідно збільшення валового виробництва культури. Вирішити це питання цілком реально завдяки застосуванню новітніх, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов сортових технологій вирощування, спрямованих на більш повне розкриття біологічного потенціалу продуктивності посівів [1, 2].

Впродовж останніх 15–20 років спостерігається тенденція підвищення температурних показників і зменшення кількості опадів, що негативно впливає на ріст, розвиток рослин і призводить як до зниження врожайності, так і зменшення валових зборів зерна. Особливо це актуально для більш посушливих умов Степу та Лівобережного Лісостепу України, оскільки саме тут систематично відмічають нові рекорди температури в літній період і прогресує тенденція зниження як кількості опадів, так і нерівномірності їх розподілу. У районах Східного Лісостепу вже не рідкісними є тривалі посухи у весняно-літній період (місяць і більше), які зазвичай супроводжуються спекою.

Перспективним напрямом пом'якшення негативного впливу комплексу абіотичних чинників є застосування стимуляторів росту рослин. Сьогодні на світовому ринку представлений доволі широкий асортимент цих продуктів, який щороку збільшується. Однак бракує інформації щодо їхньої ефективності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [3].

Аналіз наявної інформації свідчить про високу ефективність застосування стимуляторів росту як для передпосівної обробки насіння, так і позакоренових підживлень посівів польових культур. Встановлено, що передпосівна обробка насіння розчинами на основі стимуляторів росту підвищує енергію проростання насіння та його польову схожість [4–6]. Ряд дослідників відмічають активізацію росту кореневої системи завдяки додаванню до бакового розчину для передпосівної обробки насіння стимуляторів росту [7–11].

Позакореневе внесення стимуляторів росту стимулює ростові процеси, активізує наростання надземної маси та коренів

рослин, забезпечує підвищення врожайності. Дослідники І.І. Ярчук, Т.В. Мельник і О.В. Моргун [12] зазначають, що за дотримання регламенту застосування стимуляторів росту, масу коренів рослин зернових культур, завдяки формуванню більшої кількості вторинних коренів і активного їх розростання, можна збільшити більш ніж на 50 %, що забезпечує більш повноцінне використання наявного агресурсного потенціалу, а отже, – сприяє підвищенню врожайності та якості зерна.

Значним резервом підвищення врожайності сільськогосподарських культур є внесення більших доз мінеральних добрив, однак у такий спосіб вирішувати питання збільшення валових зборів зерна не доцільно, оскільки це призводить до забруднення навколишнього середовища [13], значно підвищує витрати на вирощування, не завжди є корисним для рослин [14]. Крім того, в районах із недостатньою кількістю опадів, доволі часто не забезпечує потрібного результату, оскільки волога є лімітуючим урожайність чинником.

Досягти підвищення врожайності зерна без збільшення доз мінеральних добрив можливо завдяки застосуванню стимуляторів росту. Їх впровадження у технологію вирощування дає можливість зменшувати дози внесення мінеральних добрив без зниження врожайності пшениці озимої, зокрема за більш повного використання поживних елементів з добрив і ґрунту [15]. У цьому значенні особливо зростає роль стимуляторів росту природного походження, до яких, зокрема належать препарати на основі гуматів [16, 17].

Численними дослідженнями доведено, що застосування стимуляторів росту рослин на основі гумінових речовин позитивно впливає на родючість ґрунту, підвищує рівень його окультуреності завдяки збільшенню вмісту поживних елементів у ґрунті, покращує структуру та фракційний склад, волого- і повітрообмін. Гумінові речовини сприяють більш ефективному споживанню рослинами поживних елементів з ґрунту, активізують ріст та розвиток рослин [18–21].

Незважаючи на це, питання впливу стимуляторів росту на формування продуктивності рослин пшениці озимої у різних ґрунтово-кліматичних умовах залишаються недостатньо досліджені. Зокрема, становить інтерес порівняння ефективності стимуляторів росту на основі різних фракцій гумінових речовин як між собою, так і на різних фонах мінерального живлення щодо формування

елементів продуктивності пшениці озимої. Визначання кращих стимуляторів росту на основі гумінових речовин, як і фонів мінерального живлення для конкретних умов вирощування, сприятиме повнішому розкриттю генетичного потенціалу продуктивності посівів пшениці озимої. Тому дослідження у цьому напрямі є актуальними і мають важливе практичне значення. Вивчення дії цих препаратів у сполученні з мінеральними добривами дасть можливість управляти формуванням продуктивності рослин, що підвищить конкурентоспроможність і сприятиме зростанню інтересу до цієї культури з боку виробників.

З огляду на це, **мета** проведених досліджень полягала у визначенні та порівнянні впливу стимуляторів росту на основі різних композицій гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення на формування елементів продуктивності рослин і біологічну врожайність зерна різних систем стебел пшениці озимої в умовах Східного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в 2023–2025 рр. на базі зерно-паро-просапної сівозміни кафедри рослинництва, яка входить до структури ННВЦ «Дослідне поле ім. В.В. Докучаєва» Державного біотехнологічного університету. Ґрунт – чорнозем типовий, важко суглинковий на карбонатному лесі. Технологія вирощування пшениці озимої, за виключенням досліджуваних елементів, була загальноприйнятою для району досліджень.

Для досліджень обрали найбільш поширений, високопродуктивний сорт пшениці озимої ауксинового типу – Богдана. Сівбу проводили за температури ґрунту на глибині загортання насіння (4–6 см) – 12–14 °С, що відповідає пізнім строкам сівби (оптимальні – за температури ґрунту – 14–16 °С). Насіння висівали рядковим способом з міжряддям 15 см. Норма висіву – 500 нас./м². Оскільки строки сівби були пізні, насіння обробляли лише фунгіцидним протруювачем з додаванням до нього передбачених програмою дослідження стимуляторів росту.

Навесні, після настання фізичної стиглості ґрунту, згідно з програмою досліджень, вносили карбамід з розрахунку N₅₀. Наприкінці кушніння посіви обприскували гербіцидом Дербі в розрахунку – 60 г/га. Від комплексу шкідників і хвороб у 37-му мікрофазу за кодом ВВСН посіви обприскували сумішшю інсектициду Юні-КС (1,0 л/га) і фунгіциду Фенікс Дуо (0,5 л/га). На ряді варіан-

тів, згідно з програмою досліджень, до цього розчину додавали карбамід у дозі N₁₀. На початку цвітіння (61–62-га мікрофаза за кодом ВВСН), від хвороб колосу посіви обробляли трикомпонентним фунгіцидом Солігор з розрахунку 1 л/га.

Двофакторний дослід закладали методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Ділянками першого порядку були два фони живлення (фактор *A*): 1 – контроль (без добрив); 2 – припосівне внесення добрива Макростар з розрахунку N₁₅P₃₀K₂₀, підживлення посівів після настання фізичної стиглості ґрунту карбамідом у дозі N₅₀ і позакореневе підживлення карбамідом у фазу прапорцевого листка (37-ма мікрофаза за шкалою ВВСН) у дозі N₁₀. Ділянками другого порядку були сім варіантів застосування стимуляторів росту на основі гуматів (фактор *B*): I – контроль (без обробки насіння та позакоренових підживлень), II, IV і VI – обробка насіння Гуматом Калію, Фульвігумом і БлекДжеком у дозах 1,0; 0,8 і 1,0 л/т відповідно; III, V і VII – обробка насіння і позакореневе підживлення Гуматом Калію, Фульвігумом і БлекДжеком на початку фази виходу в трубку (31-ша мікрофаза за кодом ВВСН). Доза Гумату Калію для позакоренової обробки – 0,5 л/га, Фульмігуму – 0,3 л/га, БлекДжеку – 1 л/га. Площа посівної ділянки дослідів становила 30 м², облікової – 25 м².

За температурою, кількістю опадів і їхнім розподілом, погодні умови під час вегетації рослин значно відрізнялися, що вплинуло на їх ріст, розвиток та формування елементів продуктивності. За температурними показниками та режимом опадів погодні умови під час вегетації 2024–2025 рр., особливо під час весняно-літнього періоду, були близькими до багаторічних показників. Весняно-літній період вирощування пшениці озимої в 2024 р. проходив у вкрай важких погодних умовах. Зокрема, з початку травня до збирання врожаю не випало жодного продуктивного дощу. Крім того, негативна дія посухи посилювалася аномально високими температурами в другій половині червня і першій половині липня. Водночас, значні відмінності погодних умов у роки досліджень, дали змогу більш повноцінно порівняти між собою вплив досліджуваних варіантів і оцінити їх ефективність у різних погодних умовах вегетації культури.

Гумат Калію – найбільш відомий стимулятор на основі гумінових речовин. Містить дві їх фракції – гумінові та фульвові кислоти, вміст яких становить 150 і 20 г/л відповідно.

До складу Гумату Калію також входять калій (30 г/л), фосфор (20 г/л) і по 3 г/л цинку, бору, міді, магнію та марганцю.

Стимулятор росту *БлекДжек*, виробництва Швейцарської компанії *AVENTO Sarl*, виготовляють на основі найякіснішої сировини – леонардиту, видобутого в Північній Дакоті (США). Це єдиний продукт, який містить всі чотири фракції гумусових речовин, а саме – гумінові кислоти (190–210 г/л), фульвові кислоти (30–50 г/л), ульмінові кислоти (30–40 г/л) та гумін (до 30 г/л). У незначних кількостях до цього продукту також входить ряд макро- та мезоеlementів – азот, фосфор, калій, кальцій, сірка та марганець.

Фульвігум – стимулятор росту компанії *Life Biochem*, який являє собою концентрований розчин з високим умістом фульвових кислот (80 г/л). Вміст гумінових кислот у ньому дещо менший, ніж у Гуматі Калію – 100 г/л. До складу цього продукту також входять амінокислоти (50 г/л), азот (55 г/л), фосфор (60 г/л) і комплекс мікроелементів у загальній кількості 10 г/л.

Закладання досліду, обліки, вимірювання та математичний аналіз отриманих результатів проводили за загальноприйнятими методиками [22].

Результати дослідження та обговорення. Основними елементами продуктивності посівів колосових культур є – кількість продуктивних стебел на момент збирання, кількість та маса зерен з одного колоса. Озерненість колоса визначається кількістю колосків у колосі і їхньою озерненістю, а маса зерна з колоса – озерненістю колоса і масою 1000 зерен.

Між елементами продуктивності не завжди можна виявити пряму залежність і доволі часто підвищення одного показника призводить до зменшення іншого. Наприклад, «форсування» кількості продуктивних стебел на одиниці площі зазвичай призводитиме до зменшення озерненості колоса, тобто зменшення продуктивності рослин, а іноді, – до зниження врожайності посіву. Тож, під час розроблення алгоритму заходів вирощування потрібно ставити мету досягти не високих показників окремих елементів, а їх збалансованого рівня, за якого забезпечується найбільший вихід зернової продукції з одиниці площі.

Аналіз отриманих результатів виявив істотний вплив комплексного застосування досліджуваних стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення на рівень елементів продук-

тивності досліджуваного сорту пшениці озимої – Богдана.

Порційне внесення мінеральних добрив, як і використання стимуляторів росту для передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення забезпечувало отримання більшої кількості рослин і продуктивних стебел пшениці на момент збирання врожаю. Внесення мінеральних добрив у кілька етапів, завдяки формуванню кращої харчової бази для рослин впродовж вегетації, забезпечувало збереження більшої їх кількості і підвищувало їх продуктивне кушіння. Водночас передпосівна обробка насіння стимуляторами росту сприяла кращому проростанню насіння, а позакореневі підживлення, завдяки стимуляції ростових процесів і нівелюванню абіотичних стресів, забезпечували збереження більшої кількості рослин до фази повної стиглості.

Завдяки покращенню живлення посівів і застосуванню стимуляторів росту для обробки насіння та позакоренових підживлень, кількість рослин пшениці перед збиранням порівняно з контролем обох факторів вдалося підвищити на 42,8 шт./м² (14,1 %) – у 2024 р. і на 45,6 шт./м² (15,4 %) – у 2025 р.

Щодо кількості продуктивних стебел перед збиранням врожаю, оптимальним був варіант передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів стимулятором росту БлекДжеком на фоні внесення добрив у кілька етапів. У 2024 і 2025 рр. кількість продуктивних стебел у цьому варіанті становила 546,7 і 586,3 шт./м² відповідно (табл. 1).

Формування більшої кількості продуктивних стебел у 2024 і 2025 рр. відбувалося завдяки більшій кількості рослин, а не підвищенню продуктивного кушіння. І коефіцієнт кушіння і кількість бічних продуктивних стебел вищими були в 2025 р. Зокрема, у 2024 р. коефіцієнт продуктивного кушіння в середньому по досліді становив 1,58, тимчасом у 2025 р. – 1,73.

Кількість зерен у колосі головної та бічної систем стебел найбільшою була у варіанті передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів БлекДжеком на фоні внесення добрив. У 2024 рр. вона становила 31,08 і 26,51 шт., у 2025 р. – 34,68 і 30,36 шт. відповідно (табл. 2). Завдяки оптимізації досліджуваних чинників, озерненість колоса системи головних і бічних стебел пшениці озимої порівняно з контролем вдалося підвищити на 12,5 і 8,1 % – у 2024 р. і на 15,3 і 15,7 % відповідно – у 2025 р.

Таблиця 1 – Кількість рослин (чисельник) і продуктивних стебел (знаменник) пшениці озимої перед збиранням за впливу досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення, шт./м²

Варіант застосування стимулятора	Рік			
	2024		2025	
	Варіант системи живлення			
	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀
I*	302,7/482,3	324,0/512,0	296,0/526,6	307,1/545,5
II	311,6/493,8	328,2/518,8	304,4/537,2	320,3/550,6
III	313,3/496,2	331,2/523,0	309,6/542,5	321,8/554,1
IV	315,2/495,0	336,6/528,8	308,0/538,8	326,3/558,8
V	319,5/502,5	333,9/530,0	315,2/547,4	330,4/564,0
VI	324,4/510,3	340,4/543,4	318,8/550,3	333,1/580,1
VII	327,1/514,2	345,5/546,7	324,0/560,6	341,6/586,3
Середнє	316,3/499,1	334,3/529,0	310,9/543,3	326,7/562,8

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріали і методи дослідження.

Таблиця 2 – Кількість зерен у колосі головного (чисельник) та бічного стебла першого порядку (знаменник) рослин пшениці озимої за дії досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення, шт.

Варіант застосування стимулятора	Рік			
	2024		2025	
	Варіант системи живлення			
	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀
I*	27,63/24,51	30,08/25,65	30,07/26,25	33,84/29,60
II	28,08/24,80	30,33/26,02	30,21/26,38	33,92/29,67
III	28,43/25,22	30,82/26,38	30,53/26,64	34,14/29,85
IV	28,03/24,86	30,26/25,80	30,28/26,43	34,04/29,73
V	28,30/25,15	30,80/26,35	30,40/26,53	34,35/30,02
VI	28,33/25,12	30,69/26,16	30,74/26,85	34,40/30,07
VII	28,75/25,56	31,08/26,51	30,98/27,07	34,68/30,36
Середнє	28,22/25,03	30,58/26,12	30,46/26,59	34,20/29,90

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріали і методи дослідження.

Серед досліджуваних чинників більший вплив на кількість зерен у колосі як головної, так і бічної систем стебел чинив фон мінерального живлення. На нашу думку це логічно, адже внесення високої дози азоту під час кушіння (N₅₀) забезпечувало формування більшої кількості колосків у колосі, а позакореневе його внесення у фазу прапорцевого листка в дозі N₁₀ зменшувало редукцію квіток у колосках. Тобто відбувалася подвійна дія. Завдяки цьому, кількість зерен у колосі головної і бічної систем стебел у середньому за варіантами застосування стимуляторів росту у цьому варіанті в 2024 р. була на 8,4 і 4,4 %, а в 2025 р. – на 12,3 і 12,5 % відповідно вищою, ніж на контролі. Вища ефективність порційного внесення комплексних добрив щодо озерненості колоса обох систем стебел

у 2025 р. на нашу думку обумовлена кращим вологозабезпеченням і більш сприятливими температурами. Вищу ефективність підживлень азотними добривами щодо озерненості колоса рослин пшениці озимої у більш сприятливих погодних умовах також відмічають інші дослідники [23].

Позитивна дія стимуляторів росту на озерненість колоса проявлялася у вигляді закладання більшої кількості зерен у колосках, оскільки їх вносили саме під час цього процесу, зокрема під час 31-ї мікрофази за кодом ВВСН. Механізм позитивного впливу полягав у частковому перерозподілі поживних сполук зі стебла до суцвіття, а також стимуляції закладання квіток у колосках, що створювало кращу основу для формування більшої кількості зерен у колосі.

Завдяки обробці насіння і підживленню посівів БлекДжеком, кількість зерен у колосі головної і бічної систем стебел у середньому за варіантами фактора *A* порівняно з контролем вдалося підвищити на 3,7 % у 2024 р. і на 2,8 % – у 2025 р. Тож, на відміну від фону живлення, стимулятори росту більший вплив на озерненість колоса мали в менш сприятливих погодних умовах вегетації.

Завдяки оптимізації досліджуваних елементів технології озерненість колоса головної системи стебел у 2024 і 2025 рр. вдалося підвищити на 12,5 і 15,3 %, бічної системи стебел – на 8,2 і 15,7 % відповідно, що формує підґрунтя для більш повної реалізації генетичного потенціалу продуктивності посівів.

У проведеному досліді досліджувані технологічні чинники не чинили істотного впливу на масу 1000 зерен, тож їх вплив на масу зерна з колоса обох систем стебел загалом був аналогічний впливу на кількість зерен у колосі. Подібну закономірність відмічають дослідники R. Lotfi, H.M. Kalaji та ін. [21], наголошуючи на тому, що маса 1000 зерен пшениці озимої обумовлена генетично і слабо змінюється за впливу агротехніки, водночас сильно залежить від комплексної дії абіотичних чинників. Тривала посуха та високі температури під час наливу зерна призводять до формування низьких показників 1000 зерен, що в такому випадку є основною причиною зниження врожайності культури.

Саме через формування дрібнішого зерна в посушливих умовах літнього періоду 2024 р., різниця між масою зерна з колоса за роками була значно вищою, ніж між кількістю зерен у колосі. Зокрема, озерненість колоса головного стебла у середньому по досліді в

2025 р. була на 10 % більшою, ніж у 2024 р., тимчасом маса зерна з колоса – на 27 %.

Загалом по досліді, найбільша маса зерна з колоса головної та бічної систем стебел була у варіанті сполучення обробки насіння і позакореневого підживлення посівів БлекДжеком на фоні поетапного внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ – 1,01 і 0,81 г відповідно у 2024 р. і 1,30 і 1,02 г – у 2025 р. (табл. 3).

Комплексне застосування стимуляторів росту у сполученні з поетапним внесенням $N_{15}P_{30}K_{20} + N_{50} + N_{10}$, забезпечувало збереження більшої кількості рослин до збирання врожаю і утворення більшої кількості бічних продуктивних стебел – з одного боку та формування вищих елементів зернової продуктивності однієї рослини – з іншого. У результаті цього досліджувані чинники більшою мірою впливали саме на показники біологічної врожайності зерна обох систем стебел. Зокрема, завдяки оптимізації досліджуваних чинників масу зерна з колоса головної і бічної систем стебел в середньому за два роки вдалося підвищити на 19,0 і 18,2 % відповідно, кількість рослин і бічних продуктивних стебел на час збирання – на 14,8 і 8,8 %, тимчасом біологічну врожайність зерна системи головних і бічних стебел – на 36,0 і 30,0 % відповідно.

Загалом по досліді найвища біологічна врожайність зерна системи головних і бічних стебел пшениці озимої була у варіанті проведення передпосівної обробки насіння з наступним позакореневим підживленням посівів стимулятором росту БлекДжеком на фоні поетапного внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ – 3,49 т/га і 1,62 т/га відповідно у 2024 р. та 4,44 і 2,50 т/га – у 2025 р. (табл. 4).

Таблиця 3 – Маса зерен з колоса головного (чисельник) та бічного стебла першого порядку (знаменник) рослин пшениці озимої за впливу досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення, г

Варіант застосування стимулятора	Рік			
	2024		2025	
	Варіант системи живлення			
	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀
I*	0,87/0,67	0,96/0,76	1,08/0,86	1,24/0,96
II	0,88/0,70	0,96/0,79	1,10/0,86	1,27/0,97
III	0,92/0,72	0,98/0,79	1,11/0,88	1,29/1,01
IV	0,88/0,71	0,96/0,76	1,07/0,87	1,25/0,98
V	0,90/0,71	0,98/0,79	1,11/0,89	1,26/1,00
VI	0,89/0,72	0,99/0,78	1,12/0,89	1,28/1,00
VII	0,92/0,74	1,01/0,81	1,14/0,91	1,30/1,02
Середнє	0,89/0,71	0,98/0,78	1,11/0,88	1,27/0,99

Примітка: * – зміст варіантів фактора *B* розкрито в пункті – Матеріали і методи дослідження.

Таблиця 4 – Біологічна врожайність зерна системи головних (чисельник) і бічних (знаменник) стебел пшениці озимої за впливу досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення, т/га

Варіант застосування стимулятора	Рік			
	2024		2025	
	Варіант системи живлення			
	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀
I*	2,63/1,20	3,14/1,43	3,20/1,98	3,81/2,29
II	2,74/1,28	3,15/1,51	3,35/2,00	4,07/2,23
III	2,88/1,32	3,25/1,51	3,44/2,05	4,15/2,35
IV	2,77/1,28	3,23/1,46	3,33/2,01	4,08/2,28
V	2,88/1,30	3,27/1,55	3,50/2,07	4,16/2,34
VI	2,89/1,34	3,37/1,58	3,57/2,06	4,34/2,41
VII	3,01/1,38	3,49/1,62	3,69/2,15	4,44/2,50
Середнє	2,83/1,30	3,27/1,52	3,44/2,05	4,15/2,34
НІР ₀₅ головного ефекту А	0,13/0,05		0,12/0,09	
НІР ₀₅ головного ефекту В	0,15/0,05		0,13/0,11	
НІР ₀₅ часткових порівнянь А	0,16/0,06		0,15/0,11	
НІР ₀₅ часткових порівнянь В	0,19/0,08		0,17/0,13	

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті Матеріали і методи дослідження.

Вирішальний вплив на біологічну врожайність зерна головної і бічної групи стебел пшениці озимої чинили погодні умови вегетації в роки досліджень, зокрема, значно більших змін зазнавала біологічна врожайність зерна бічної системи стебел, що зумовлено значною редукцією бічних продуктивних стебел впродовж вегетації у несприятливих погодних умовах весняно-літньої вегетації 2024 р. Врожайність зерна системи головних стебел пшениці озимої у середньому по досліді в 2025 р. була на 24,5 % вищою, ніж у 2024 р., тимчасом біологічна врожайність зерна групи бічних стебел – на 56,0 %.

Оскільки мета досліджень полягала в порівнянні досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту не лише з контролем, а й між собою, показники загальної біологічної врожайності зерна було оброблено статистичним методом з використанням рангового критерію Дункана. На підставі цього була встановлена істотна перевага стимулятора росту БлекДжек. Навіть лише за передпосівної обробки насіння цим продуктом біологічна врожайність зерна була істотно вищою, ніж у варіантах проведення передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень Гуматом Калію та Фульвігумом (табл. 5).

У середньому за фонами живлення, найвища біологічна врожайність зерна пшениці була у варіанті передпосівної обробки насіння з позакореновим підживленням посівів під час 31-ї мікрофази стимулятором БлекДжек – 4,75 т/га в 2024 р. і 6,39 т/га – у 2025 р. За проведеним статистичним аналізом з використанням рангового критерію Дункана ці показники входили до четвертої рангової групи істотно перевищуючи показники на інших варіантах. До третьої рангової групи, віднесено показники біологічної врожайності зерна у варіанті обробки насіння БлекДжеком – 4,59 т/га у 2024 р. і 6,19 т/га – у 2025 р.

Істотний приріст біологічної врожайності зерна порівняно з контролем в 2024 р. відмічено також у варіантах випробування стимулятора Фульвігум та передпосівної обробки насіння і позакоренового підживлення посівів Гуматом Калію. Передпосівна обробка насіння без позакоренового внесення Гумату Калію, за проведеним статистичним аналізом не мала істотної переваги порівняно з контролем. Показники біологічної врожайності зерна на цих варіантах відносили до першої статистично однорідної рангової групи.

Таблиця 5 – Біологічна врожайність зерна пшениці озимої за впливу досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення, т/га

Варіант застосування стимулятора	Рік					
	2024			2025		
	Варіант системи живлення					
	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀	Середнє	контроль	N ₇₅ P ₃₀ K ₂₀	середнє
I*	3,83 ^{1**}	4,57 ¹	4,20¹	5,18 ¹	6,10 ¹	5,64¹
II	4,02 ²	4,66 ¹	4,34¹	5,35 ¹	6,30 ¹	5,83¹
III	4,20 ²	4,76 ¹	4,48²	5,49 ²	6,50 ²	6,00²
IV	4,05 ²	4,69 ¹	4,37²	5,34 ¹	6,36 ¹	5,85¹
V	4,18 ²	4,82 ²	4,50²	5,57 ²	6,50 ²	6,04²
VI	4,23 ³	4,95 ²	4,59³	5,63 ²	6,75 ³	6,19³
VII	4,39 ³	5,11 ³	4,75⁴	5,84 ³	6,94 ⁴	6,39⁴
Середнє	4,13	4,79	4,46	5,49	6,49	5,99

Примітка: * – зміст варіантів фактора *B* розкрито в пункті – Матеріали і методи дослідження. ** – однорідні групи показників біологічної врожайності зерна за проведеним статистичним аналізом з використанням рангового критерію Дункана.

У більш сприятливому 2025 р. передпосівна обробка насіння Гуматом Калію і Фульвігумом – другий і четвертий варіанти фактора *B*, щодо біологічної врожайності зерна пшениці озимої сорту Богдана не показала істотної переваги порівняно з контролем. Решта варіантів формували істотно вищу біологічну врожайність порівняно з контролем, тимчасом, як раніше наголошувалося, у варіанті обробки насіння та позакореневого підживлення посівів БлекДжеком біологічна врожайність зерна істотно перевищувала як контроль, так і всі варіанти застосування стимуляторів росту.

Ефективність застосування стимуляторів росту вищою була на неудобреному фоні, що свідчить про взаємодію досліджуваних чинників. У менш сприятливих погодних умовах вегетації 2023–2024 рр., ефективність їх застосування вищою була на неудобреному фоні, а в 2024–2025 рр. – на фоні поетапного внесення $N_{15}P_{30}K_{20} + N_{50} + N_{10}$. На нашу думку це пов'язано з тим, що в більш сприятливих погодних умовах стимулятори росту підвищують ефективність використання добрив, тимчасом у стресових умовах (дефіцит вологи) стимулятори росту завдяки нівелюванню цих стресів, забезпечують формування вищих показників продуктивності рослин. Зокрема добрива виявляють меншу ефективність і на варіантах застосування стимуляторів росту, оскільки продуктивність рослин, а отже і біологічна врожайність зерна обмежена лімітуючим чинником – вологою. Дослідники К. Akhtar, S.N. Muhammad Shah та ін. [19],

вищу ефективність стимуляторів росту на кращих агрофонах також відмічали у більш сприятливих погодних умовах.

Висновки. У результаті досліджень отримано нові знання щодо ефективності передпосівної обробки насіння й позакореневих підживлень посівів пшениці озимої стимуляторами росту на основі гумінових речовин за різних фонів живлення в умовах Східного Лісостепу України.

Щодо елементів продуктивності та біологічної врожайності зерна пшениці озимої кращим виявився варіант сполучення передпосівної обробки насіння з позакореневим підживленням посівів стимулятором росту БлекДжек на фоні поетапного внесення $N_{15}P_{30}K_{20} + N_{50} + N_{10}$. У середньому за два роки, кількість рослин у фазу повної стиглості зерна в цьому варіанті була на 14,8 % більшою, ніж на контролі, кількість продуктивних стебел – на 12,3 %, озерненість колоса головної і бічної систем стебел – на 14,0 і 12,1 %, маса зерна з колоса головної і бічної систем стебел – на 19,0 і 19,6 % відповідно.

Найбільших змін зазнавала біологічна врожайність зерна, оскільки оптимізація досліджуваних чинників забезпечувала збільшення всіх елементів продуктивності. Завдяки поетапному внесенню $N_{15}P_{30}K_{20} + N_{50} + N_{10}$, передпосівній обробці насіння і позакореневому внесенню стимулятора росту БлекДжек біологічну врожайність зерна пшениці озимої сорту Богдана порівняно з контролем в 2024 і 2025 рр. вдалося підвищити на 1,28 і 1,76 т/га, або на 33,4 і 34,0 % відповідно.

Біологічна врожайність зерна в цьому варіанті істотно перевищувала не лише контроль, а й усі інші варіанти застосування стимуляторів росту.

Стимулятори росту Гумат Калію і Фульвігум за впливом на елементи продуктивності та біологічну врожайність зерна були подібними. Передпосівна обробка насіння у сполученні з позакореневим підживленням цими продуктами на обох фонах забезпечувала формування істотно вищої біологічної врожайності зерна порівняно з контролем, проте істотно поступалася варіантам де застосовували стимулятор росту БлекДжек. Отже, їх застосування щодо рівня біологічної врожайності зерна було не виправданим.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні більш широкого спектру стимуляторів росту, визначенні оптимальних алгоритмів їх застосування залежно від сортових особливостей, системи живлення, погодних умов, а також пошуку можливостей зменшення норм внесення мінеральних добрив за одночасного підвищення ефективності їх використання посівами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткачук В.П., Сторожук В.В., Тимошук Т.М. Забур'яненість та продуктивність агрофітоценозу пшениці озимої залежно від строків сівби та норм висіву. Вісник ЖНАЕУ. 2017. № 1(58). С. 69–79.
2. Польовий В.М., Лукашук Л.Я., Гук Л.І. Ефективність інтенсифікації технології вирощування пшениці озимої в західному Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2018. № 11. С. 35–40. DOI: 10.31073/agrovisnyk201811-05
3. Semenکو L., Veremeyenko S., Bykin A., Kucher L. Effectiveness of plant growth stimulants for winter wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine Scientific Horizons. 2025. 28(3). P. 33–43. DOI: 10.48077/scihor3.2025.33
4. The effect of foliar application of plant growth regulators on functional and qualitative characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity and drought stress conditions / H.R. Tajdari et al. Applied Water Science. 2024. No 14. Art. 126. DOI: 10.1007/s13201-024-02203-5
5. Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of wheat / S.S. Sethar et al. International Journal of Economic and Environmental Geology. 2024. No 15(3). P. 19–25. DOI: 10.46660/ijee.v15i3.378
6. Корхова М.М., Нікончук Н.В. Адаптивний потенціал нових сортів пшениці озимої в умовах південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2021. № 122. С. 48–55. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.7
7. Волошук О.П. Вплив регуляторів росту рослин на стимуляцію процесів проростання насіння пшениці озимої. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2014. 56(2). С. 9–15.
8. Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В. Вплив передпосівної обробки насіння та погодних умов року на урожайність та якість зерна пшениці озимої. Зрошуване землеробство. 2018. Вип. 69. С. 41–45.
9. Маренич М.М. Передпосівна обробка насіння як елемент управління продуктивним потенціалом пшениці озимої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2017. № 4. С. 42–46.
10. Ефективність гумінових стимуляторів за умови передпосівної обробки насіння зернових культур / М.М. Маренич та ін. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 3. С. 70–78. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.08
11. Сіроштан А.А., Заїма О.А., Кавунець В.П., Дубовик Д.Ю. Вплив протруйників із стимулятором росту і мікродобривом на посівні якості та врожайність пшениці озимої. Миронівський вісник. 2019. Т. 8. С. 63–67. DOI: 10.31073/mvis201909-09
12. Ярчук І.І., Мельник Т.В., Моргун О.В. Вплив полікомпонентних рістрегуляторів на зимостійкість і продуктивність пшениці твердої озимої. Зернові культури. 2020. Т. 4. № 2. С. 263–271. DOI: 10.31867/2523-4544/0134
13. An assessment of nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emissions from UK agriculture / T.H. Misselbrook et al. Environmental Research Letters. 2014. No 9(11). 115006. DOI: 10.1088/1748-9326/9/11/115006
14. Короткова І.В. Вплив систем удобрення з гуміновим препаратом на врожайність та прибутковість вирощування пшениці озимої. Scientific Progress & Innovations. 2023. № 26(3). С. 17–21. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.03
15. Бахмат М.І., Сендецький І.В., Козіна Т.В., Сендецький В.М. Вплив стимуляторів росту та норм висіву на формування врожаю ріпаку озимого в умовах Лісостепу Західного. Agrology. 2019. № 3. С. 189–193. DOI: 10.32819/019027
16. Optimization of factors of man aging productive processes of winter wheat in the Forest-steppe / M.M. Marenych et al. Agricultural Science and Practice. 2020. No 7(2). P. 44–54. DOI: 10.15407/agrisp7.02.044
17. Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. Plant Signaling & Behavior. 2010. No 5(6). P. 635–643. DOI: 10.4161/psb.5.6.11211
18. Короткова І.В., Чайка Т.О., Ромашко Т.П., Рибальченко А.М. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах пшениці полби як критерій продуктивності за традиційної та органічної технології вирощування. Innov Biosyst Bioeng. 2022. Вип. 6. № 1. С. 31–39. DOI: 10.20535/ibb.2022.6.1.255277
19. Effects of humic acid and crop residues on soil and wheat nitrogen contents / K. Akhtar et al. American Journal of Plant Sciences. 2014. No 5(09). P. 1277–1284. DOI: 10.4236/ajps.2014.59141
20. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management

to reduce abiotic and biotic stresses / H.S.S. Sharma et al. Journal of Applied Phycology. 2013. No 26 (1). P. 465–490. DOI: 10.1007/s10811-013-0101-9

21. Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions / R. Lotfi et al. Photo-synthetica. 2018. No 56 (3). P. 962–970. DOI: 10.1007/s11099-017-0745-9

22. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костоґриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

23. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність пшениці озимої в умовах західного Полісся України / М.Й. Орловський та ін. SCIENTIFIC HORIZONS. 2019. № 11 (84). С. 77–85. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-84-11-77-85

REFERENCES

1. Tkachuk, V.P., Storozhuk, V.V., Tymoshchuk, T.M. (2017). Zaburianenist ta produktyvnist ahrofitotsenozu pshenytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivby i norm vysivu [Weeding and winter wheat agrophytocenosis productivity depending on sowing time and seeding rate]. Visnyk ZhNAEU [Bulletin of ZhNAEU]. no. 1(58), pp. 69–79.

2. Poloviy, V.M., Lukashchuk, L.Ya., Huk, L.I. (2018). Efektyvnist intensyfikatsii tekhnolohii vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi v Zakhidnomu Lisostepu [Efficiency of intensification of technique of growing winter wheat in Western Forest-Steppe]. Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 11, pp. 35–40. DOI: 10.31073/agrovisnyk201811-05

3. Semenko, L., Veremeyenko, S., Bykin, A., Kucher, L. (2025). Effectiveness of plant growth stimulants for winter wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine Scientific Horizons. no. 28(3), pp. 33–43. DOI: 10.48077/scihor3.2025.33

4. Tajdari, H.R., Soleymani, A., Montajabi, N., Naderi Darbaghshahi, M.R., Javanmard, H.R. (2024). The effect of foliar application of plant growth regulators on functional and qualitative characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity and drought stress conditions. Applied Water Science. no. 14, Art.126. DOI: 10.1007/s13201-024-02203-5

5. Sethar, S.S., Panhwar, M.A., Sootahar, M.K., Qudoos, A., Khokhar, K.H., Babar, H. (2024). Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of wheat. International Journal of Economic and Environmental Geology. no. 15(3), pp. 19–25. DOI: 10.46660/ijeeg.v15i3.378

6. Korkhova, M.M., Nikonchuk, N.V. (2021). Adaptivnyi potentsial novykh sortiv pshenytsi ozymoi v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy [Adaptive potential of new winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. Tavriiskiy naukoviy visnyk [Taurian Scientific Herald]. no. 122, pp. 48–55. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.7

7. Voloshchuk, O.P. (2014). Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn na stymulatsiiu protsesiv prorostannia nasinnia pshenytsi ozymoi [The effect of plant growth regulators on the stimulation of winter wheat seed germination processes]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo [Foothill and mountain farming and animal husbandry]. no. 56(2), pp. 9–15.

8. Klipakova, Yu.O., Bilousova, Z.V. (2018). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia ta pohodnykh umov roku na urozhainist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi [The effect of pre-sowing seed treatment and weather conditions on the yield and quality of winter wheat grain]. Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated agriculture]. Issue 69, pp. 41–45.

9. Marenych, M.M. (2017). Peredposivna obrobka nasinnia yak element upravlinnia produktyvnym potentsialom pshenytsi ozymoi [Pre-sowing seed treatment as an element of managing the productive potential of winter wheat]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 4, pp. 42–46.

10. Marenych, M.M., Hanhur, V.V., Popova, K.M., Liashenko, V.V., Kabak, Y.I. (2020). Efektyvnist huminovoykh stymuliatoriv za umovy peredposivnoi obrobky nasinnia zernovoykh kultur [Efficacy of humic stimulants in pre-sowing treatment of cereal seeds]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]. no. 3, pp. 70–78. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.08

11. Sirostan, A.A., Zaima, O.A., Kavunets, V.P., Dubovik, D.Yu. (2019). Vplyv protruynykiv iz stymuliatorom rostu i mikroдобryvom na posivni yakosti ta vrozhainist pshenytsi ozymoi [The effect of seed dressings with growth stimulants and microfertilizers on the sowing qualities and yield of winter wheat]. Myronivsky Visnyk [Myronivsky Herald]. Vol. 8, pp. 63–67. DOI: 10.31073/mvis201909-09

12. Yarchuk, I.I., Melnyk, T.V., Morhun, O.V. (2020). Vplyv polikomponentnykh ristrehuliatoriv na zymostiikist i produktyvnist pshenytsi tvrdoi ozymoi [The effect of multicomponent growth regulators on winter hardiness and productivity of hard winter wheat]. Zernovi kultury [Cereal crops]. Vol. 4, no. 2, pp. 263–271. DOI: 10.31867/2523-4544/0134

13. Misselbrook, T.H., Cardenas, L.M., Camp, V., Thorman, R.E., Williams, J.R., Rollett, A.J., Chambers, B.J. (2014). An assessment of nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emissions from UK agriculture. Environmental Research Letters. no. 9 (11), 115006. DOI: 10.1088/1748-9326/9/11/115006

14. Korotkova, I.V. (2023). Vplyv system udobrennia z huminovym preparatom na vrozhainist ta prybutkovist vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi [Effect of fertilizer systems with humic preparation on yield and profitability winter wheat cultivation]. Scientific Progress & Innovations. no. 26 (3), pp. 17–21. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.03

15. Bakhmat, M.I., Sendetsky, I.V., Kozina, T.V., Sendetsky, V.M. (2019). Vplyv rehuliatora rostu ta norm vysivu na formuvannya vrozhainosti ripaku ozymoho v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [The influence of growth regulator and seeding rates on the formation of winter rape production in the conditions of the Western Forest-Steppe]. Agrology. no. 3, pp. 189–193. DOI: 10.32819/019027

16. Marenych, M.M., Kaminsky, V.F., Bulygin, C.Yu., Hanhur, V.V., Korotkova, I.V., Yurchenko, S.O., Bahan, A.V., Taranenko, S.V. (2020). Optimization of factors of man aging productive processes of winter wheat in the Forest-steppe. Agricultural Science and Practice. no. 7(2), pp. 44–54. DOI: 10.15407/agrisp.7.02.044

17. Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., Nardi, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface. *Plant Signaling & Behavior*. no. 5(6), pp. 635–643. DOI: 10.4161/psb.5.6.11211

18. Korotkova, I., Chaika, T., Romashko, T., Rybalchenko, A. (2022). Vmist fotosyntetychnykh pihmentiv u roslinakh pshenytsi polby yak kryterii produktyvnosti za tradytsiinoi ta orhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannya [Photosynthetic pigments content in emmer wheat plants as criteria of productivity in traditional and organic farming technology]. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. Issue 6(1), pp. 31–39. DOI: 10.20535/ibb.2022.6.1.255277

19. Akhtar, K., Muhammad Shah, S. N., Ali, A., Zaheer, S., Wahid, F., Khan, A., Shah, M., Bibi, S., Majid, A. (2014). Effects of humic acid and crop residues on soil and wheat nitrogen contents. *American Journal of Plant Sciences*. no. 5(09), pp. 1277–1284. DOI: 10.4236/ajps.2014.59141

20. Sharma, H.S.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T. (2013). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*. no. 26(1), pp. 465–490. DOI: 10.1007/s10811-013-0101-9

21. Lotfi, R., Kalaji, H. M., Valizadeh, G. R., Khalilvand Behrozyar, E., Hemati, A., Gharavi-Kochebagh, P., Ghassemi, A. (2018). Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions. *Photosynthetica*. Vol. 56 (3), pp. 962–970. DOI: 10.1007/s11099-017-0745-9

22. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PP «TD Edelweis i K», 332 p.

23. Orlovskiy, M.I., Tymoshchuk, T.M., Konopchuk, O.V., Voitsekhivskiy, V.I., Didur I.M. (2019). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya na produktyvnist pshenytsi ozymoi v umovakh zakhidnoho Polissia Ukrainy [The influence of cultivation technology elements on winter wheat productivity in the western Polissya region of Ukraine]. *SCIENTIFIC HORIZONS*. no. 11(84). pp. 77–85. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-84-11-77-85

Formation of winter wheat plant productivity elements depending on the effect of growth stimulants based on humic substances under different mineral nutrition backgrounds in the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine

Ivanov S., Rozhkov A.

The article presents the results of two-year research on the effect of pre-sowing seed treatment and foliar feeding of crops with growth stimulants based on humic substances under different mineral nutrition backgrounds on the formation of plant productivity elements and biological yield of winter wheat variety Bohdana.

A two-factor field experiment was set up using the split-plot method in three replications. The first-order plots were two nutrient backgrounds: 1 – control (without fertilizers); 2 – pre-sowing application of Makrostar complex fertilizer at a rate of $N_{15}P_{30}K_{20}$ + feeding crops after soil physical maturity with urea at a dose of N_{50} + foliar feeding with urea in the 37th microphase according to the BBCH code at a dose of N_{10} . The second-order plots included seven options for the use of humic-based growth stimulants for seed treatment and foliar application during the 31st microphase according to the BBCH code.

Analysis of the obtained results showed a significant positive effect of the studied variants of growth stimulants on both nutrition backgrounds on the formation of higher plant productivity elements and a greater number of plants and lateral productive stems of wheat at the time of harvest.

The greatest changes were observed in the biological grain yield, as optimization of the studied factors ensured an increase in all productivity elements. Among the growth stimulants studied, BlackJack showed the highest efficiency.

Potassium Humate and Fulvium growth stimulants had a similar effect on the formation of productivity elements and biological grain yield. Seed treatment combined with foliar feeding with these products on both nutrient backgrounds ensured significantly higher biological yield of winter wheat compared to the control, but was significantly inferior to the variants where the BlackJack growth stimulator was used.

Key words: winter wheat, fertilizers, growth stimulator, pre-sowing seed treatment, foliar feeding, productivity elements.



Copyright: Іванов С.О., Рожков А.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Іванов С.О.

Рожков А.О.

<https://orcid.org/0009-0006-6411-8851>

<https://orcid.org/0000-0001-9138-7973>

АГРОНОМІЯ

УДК 581.143.6:582.634

**Шовковиця (*Morus*) *in vitro*:
стан досліджень та перспективи**Іванчук А.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 antonii.ivanchuk@gmail.com

Іванчук А.В. Шовковиця (*Morus*) *in vitro*: стан досліджень та перспективи. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 58–72.

Ivanchuk A. Mulberry (*Morus*) *in vitro*: state of research and future prospects. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 58–72.

Рукопис отримано: 01.10.2025 р.

Прийнято: 16.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-58-72

Огляд узагальнює сучасні дослідження з культивування шовковиці (*Morus* spp.) в умовах *in vitro*, з акцентом на ефективність і обмеження мікроклонального розмноження. Розглянуто вплив типу експлантів, фізіологічного стану рослин-донорів, методів стерилізації, складу живильних середовищ і гормонального балансу на успішність уведення в культуру. Показано, що використання ювенільних тканин, оптимізованої дезінфекції та середовища MS, збагаченого цитокінінами (BAP, TDZ) і ауксинами (NAA, IBA), забезпечує ефективну індукцію, мультиплікацію та ризогенез.

Наголошено на значенні протоколів укорінення, які часто базуються на половинному складі MS з додаванням ауксинів; *ex vitro* укорінення дає змогу знизити витрати й прискорити отримання саджанців. Акліматизація регенерантів зазвичай проходить успішно, хоча у видів, як-от *M. nigra*, відзначається більша варіабельність.

Показано, що застосування систем тимчасового занурення (TIS) підвищує коефіцієнти розмноження, знижує фізіологічні порушення та полегшує масштабування, що робить їх перспективними для комерційних застосувань. Розглянуто також методи криозбереження (вітрифікація, інкапсуляційно-дегідратаційні підходи, двоетапне заморожування бруньок), які забезпечують довгострокове збереження генофонду, хоча ефективність відновлення залежить від генотипу.

Отримані результати демонструють, що системи *in vitro* для шовковиці є не лише ефективним методом швидкого розмноження та збереження генофонду, а й стратегічною платформою для сталого сільського господарства, фармакологічних застосувань та відновлення екосистем в умовах кліматичних змін.

Ключові слова: шовковиця (*Morus* spp.), мікроклональне розмноження, *in vitro*, поживні середовища, штучні екосистеми, асептична культура, мультиплікація пагонів, ризогенез, аклімація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Шовковиця (*Morus* spp.) – листопадне дерево, що відоме як основна кормова база шовкопрядів і водночас цінна плодова культура. Рід налічує близько двох десятків видів, серед яких найбільш поширена шовковиця біла (*Morus alba*), культивована в помірних, субтропічних і тропічних регіонах світу. Поза межами шовківництва вона має важливе господарське значення завдяки

смачним плодам, деревині та лікарським властивостям різних органів рослини. Листя, кора й корені використовують в традиційній медицині, включені до національних фармакопей, а сучасні дослідження підтвердили наявність у них антиоксидантних, антидіабетичних, протизапальних і нейропротекторних властивостей. Серед біоактивних сполук роду *Morus* ідентифіковано широкий спектр флавоноїдів і алкалоїдів, що становлять інте-

рес для фармацевтики та косметології [1, 2]. Водночас використання традиційної сировини пов'язане з обмеженнями: вміст цінних метаболітів значно залежить від екологічних чинників і сезону, а збір окремих органів, зокрема кори коренів, призводить до загибелі рослин [3].

Традиційні методи розмноження показують недостатню ефективність для задоволення потреб сучасного розсадництва та селекції. Вегетативне розмноження обмежене низькими коефіцієнтами вкорінення, залежністю від сезону, тривалим ювенільним періодом і ризиком поширення вірусних інфекцій. Насіннєве відтворення не гарантує збереження цінних сортових ознак через високу гетерозиготність. Це створює проблеми у збереженні та поширенні продуктивних генотипів, особливо в умовах зміни клімату, коли важливо швидко отримувати адаптовані рослини для нових екологічних умов, тому біотехнологічні підходи набувають особливого значення [4].

Методи мікроклонального розмноження *in vitro* стали одним із найрезультативніших рішень для подолання цих обмежень. Вони дають змогу здійснювати швидке розмноження, одержувати оздоровлений від патогенів посадковий матеріал впродовж року, незалежно від сезону, створювати умови для тривалого збереження генофонду у кріоконсервації, а також відкривають можливості для біотехнологічних і селекційних експериментів [5, 6].

Останніми роками було накопичено значний обсяг знань про культивування шовковиці *in vitro*. Розроблено протоколи введення в асептичну культуру, оптимізовано середовища для мультиплікації пагонів і ризогенезу [7, 8]. Вивчено прямий органогенез і соматичний ембріогенез як базу для подальших досліджень геномного редагування [9]. Отримано калусні й суспензійні культури, здатні накопичувати значні кількості фармакологічно активних сполук, що відкриває перспективи для фармацевтики та косметології [2, 10]. Впроваджують системи тимчасового занурення й біореакторні технології, які дозволяють масштабувати процеси мікроклонального розмноження [11].

Загалом біотехнологія шовковиці спрямована на два ключові завдання: масове клональне розмноження цінних генотипів для промислового вирощування (зокрема в контрольованих умовах теплиць і вертикальних ферм) та збереження і покращення генетичного різноманіття (через *in vitro* консер-

вацію, генетичну трансформацію, отримання вторинних метаболітів). У країнах з помірним кліматом досліджують можливості цілорічного вирощування шовковиці в закритих приміщеннях – наприклад, у вертикальних фермах з гідропонією та аеропонією – що у поєднанні з отриманням садивного матеріалу *in vitro* може забезпечити стабільне виробництво листя і плодів незалежно від погодних умов [3, 12].

Окрім значних досягнень у сфері біотехнології шовковиці *in vitro* залишаються і проблемні аспекти. Різні генотипи шовковиці по-різному реагують на одні й ті самі умови, що ускладнює стандартизацію протоколів [8]. Подальшого вдосконалення потребують методи кріозбереження та регенерації після заморожування [6], а також системи контролю генетичної стабільності рослин-регенерантів. Важливим викликом залишається інтеграція біотехнологічних підходів із сучасними молекулярними інструментами, зокрема CRISPR/Cas-редагуванням, що відкриває можливості для цілеспрямованої модифікації властивостей шовковиці [13].

Отже, сучасні дослідження підтверджують ключове значення технологій *in vitro* для відтворення, збереження та біотехнологічного використання шовковиці. Проте для широкого впровадження цих технологій у практику необхідні подальші зусилля, спрямовані на підвищення відтворюваності, економічності доцільності та ефективності застосування.

Мета дослідження – здійснити комплексний аналіз сучасних підходів до мікроклонального розмноження шовковиці (*Morus* spp.) *in vitro*, висвітлити вплив ключових технологічних чинників (тип експлантів, методи стерилізації, склад поживних середовищ і регуляторів росту, умови культивування) на успішність регенерації та акліматизації рослин, оцінити ефективність використання біореакторів і методів кріозбереження для масштабного відтворення та збереження генофонду, а також окреслити наявні обмеження і перспективи практичного застосування цих технологій.

Методи дослідження. Огляд підготовлено на основі публікацій, що містяться у міжнародних базах Scopus, Web of Science та Google Scholar, а також у вітчизняних фахових виданнях і дисертаційних роботах. Основними ключовими словами пошуку були “*Morus in vitro*”, “mulberry micropropagation”, “mulberry tissue culture”. Пріоритет надавався працям за останні 5 років. Для систематизації бібліографічних даних використано програму Zotero.

Результати дослідження та обговорення. У межах огляду систематизовано наявні дані щодо основних етапів мікроклонального розмноження шовковиці *in vitro*. Розглянуто вибір експлантів, умови стерилізації та запобігання контамінаціям, оптимізацію поживних середовищ і регуляторів росту, особливості мультиплікації, ризогенезу, органогенезу й соматичного ембріогенезу. Окремо висвітлено сучасні підходи до кріозбереження та акліматизації регенерантів.

Отримані результати дозволяють оцінити рівень досягнень у сфері біотехнології шовковиці, виявити наявні обмеження та визначити перспективні напрями подальших досліджень, пов'язані з удосконаленням протоколів мікроклонального розмноження, підвищенням життєздатності кріозбережених зразків і застосуванням сучасних молекулярних технологій.

Вибір експлантів. Для успішного введення шовковиці в культуру *in vitro* критично значущим є тип та фізіологічний стан вихідного матеріалу. Досвід українських дослідників показав, що найкращі результати отримують за використання бруньок молодих (ювенільних) рослин на початку вегетаційного періоду. Зокрема, за введення акліматизованих в Україні сортів *M. alba* оптимальним був відбір верхівкових бруньок однорічних паго-

нів навесні, що забезпечувало максимальний вихід асептичних проростків. Молоді тканини менш уражені ендofітними інфекціями та мають вищий морфогенетичний потенціал порівняно зі зрілими [14].

Для шовковиці це підтверджено роботами Р.М. Гречаника та співавт.: бруньки 4–5-річних рослин давали значно менший вихід життєздатних культур, ніж бруньки саджанців першого року вирощування. У випадку відсутності доступу до ювенільних рослин, рекомендується використання пагонів від порослі або нижньої частини крони старих дерев, які часто зберігають більш ювенільні ознаки [15].

Як альтернативні експланти для *Morus* досліджували також листові пластинки, міжвузля, сім'ядолі сіянців та зародки насіння. Наприклад, для *M. indica* успішно застосовано культури сім'ядолей – з них через прямий органогенез отримували пагони *in vitro* [9]. Проте найпоширенішим матеріалом залишаються апікальні меристеми та вузлові сегменти з бруньками, оскільки вони вже містять зачатки пагонів і легше регенерують [7].

Деякі генотипи шовковиці потребують індивідуального підходу до вибору експланта: повідомляється, що *M. nigra* є більш рефрактерною до клонування, тому оптимізують протокол саме для неї [8].

Таблиця 1 – Вибір експлантів шовковиці (*Morus* spp.)

Тип експланта	Походження/вік	Основні переваги	Рекомендації
Верхівкові бруньки, меристеми	Ювенільні рослини, однорічні пагони	Найвищий вихід асептичних культур, низька контамінація, високий морфогенетичний потенціал	Оптимально використовувати навесні для введення <i>M. alba</i>
Вузлові сегменти	Молоді або ювенільні пагони	Найпоширеніший матеріал, легка регенерація	Базовий тип експланта для масового введення
Бруньки старших рослин	4–5-річні дерева	Доступність матеріалу	Використовувати за відсутності саджанців; перевага в нижній частині крони
Пагони від порослі/нижньої крони	Старі дерева, але з ювенільними ознаками	Кращий вихід, ніж з верхньої крони	Добра альтернатива за нестачі молодих рослин
Сім'ядолі сіянців	Молоді проростки	Прямий органогенез, чистий матеріал	Перспективно для <i>M. indica</i>
Листкові пластинки, міжвузля	Молоді пагони/листки	Можливість прямого органогенезу	Використовують у дослідженнях або для певних генотипів
Зародки насіння	Насіння <i>Morus</i> spp.	Низька контамінація, висока регенераційна здатність	Перспективно для експериментів і селекційних ліній

Стерилізація експлантів. Контамінація є однією з головних проблем за мікроклонального розмноження шовковиці. Експланти несуть на поверхні епіфітні мікроорганізми, а також часто містять ендofітні бактерії чи гриби всередині тканин, які здатні вижити після поверхневої стерилізації й спричинити захворювання культур. Ефективна стерилізація має знищувати патогени, однак не ушкоджуючи ніжні рослинні тканини. У дослідженнях останніх років основна увага приділяється підбору типу дезінфектанта, його концентрації та тривалості експозиції для максимально ефективного введення шовковиці в культуру *in vitro* за мінімізації рівня зараження.

Стерилізація експлантів шовковиці зазвичай включає послідовність етапів: попереднє очищення, обробку спиртом, дезінфекцію хлорвмісними або ртутними розчинами, а далі – кілька промивань стерильною водою.

Миття з детергентом. Польові експланти промивають у проточній воді з додаванням мила чи мийного засобу впродовж 10–15 хв, після чого ретельно змивають дистильованою водою. Це зменшує кількість поверхневих мікроорганізмів.

Етанол (70 %). Короткочасна обробка (30 с – 1 хв) послаблює клітинні мембрани мікроорганізмів. Наприклад, у досліджах Choudhary та співавт. верхівкові бруньки шовковиці занурювали у 70 % етанол на 1 хв перед основним дезінфектантом [16]. Аналогічно, Таһа та співавт. застосовували 30-секундне занурення. Сам по собі спирт не гарантує стерильності, проте значно знижує мікробне навантаження [5].

Гіпохлорит натрію (NaOCl). Використовується у концентрації близько 5 %. Час експозиції критичний: 5 хв виявилися замалими – у сорту «Шохтут» контамінація досягала 70 %. За 10 хв забруднення зникало, але тканини зазнавали некрозу. Оптимальним виявився час 7 хв, що знизило зараженість до 20–30 %. Додаткове застосування ультразвукової обробки та антиоксидантів підвищує ефективність стерилізації [17].

Хлорид ртуті (HgCl₂). Один із найефективніших дезінфектантів для деревних рослин, проте дуже токсичний. Концентрації 0,1 % виявилися недостатніми (85–93 % заражених експлантів), тимчасом 0,2–0,3 % значно зменшували контамінацію (до 10–19 %). Найкращий баланс між стерильністю та виживанням отримано за 0,2 % HgCl₂ впродовж 10 хв після етанолу: контамінація близько 18 %, виживання понад 80 %.

Цей метод підтверджений у сорту «Thar Lohit» [16].

Пероксид водню (H₂O₂). Іноді застосовують як допоміжний засіб, але у випадку шовковиці його ефективність нижча порівняно з NaOCl чи HgCl₂.

Фунгіциди та біоциди. Для зниження грибних інфекцій використовують замочування у карбендазімі чи тірамі, а також додають Plant Preservative Mixture (PPM) у живильне середовище. PPM пригнічує розвиток бактерій і грибів у перші тижні культивування, дозволяючи майже повністю уникнути контамінацій [7].

Тип експланта. Рівень зараження залежить і від обраного експланта – найнижчий показник спостерігався у вузлових сегментів (35 % контамінацій, 65 % виживання), тимчасом меристеми й апікальні бруньки заражались частіше. Це свідчить про доцільність добору більш стійких тканин для введення в культуру.

За оптимальних протоколів рівень контамінації можна знизити до < 20 %. Недостатня стерилізація призводить до масових заражень (50–85 %), переважно грибами та бактеріями. Типові ознаки – поява міцелію (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*) або бактеріальних колоній (*Bacillus*, *Pseudomonas*). Важливою проблемою залишаються ендofітні бактерії, що зберігаються у тканинах і проявляються лише після кількох пересадок [16].

З огляду на токсичність HgCl₂ та фітотоксичність високих доз NaOCl, активно вивчають нові альтернативи. Найперспективніші – наночастинки срібла (AgNPs), які у концентрації 20–40 мг/л повністю усували контамінацію у культурах деяких рослин. Для шовковиці спеціальних досліджень наразі небагато, але метод вважається перспективним. Також випробовують біосурфактанти й натуральні антимікробні агенти, однак їх застосування для шовковиці поки обмежене [18].

Живильні середовища і регулятори росту. Для культивування шовковиці *in vitro* найчастіше використовують класичні живильні середовища: MS, B5, WPM та DKW [19]. Досвід багатьох дослідників свідчить, що саме MS є оптимальною базою для мікророзмноження шовковиці. Зокрема, у дослідженнях з культивування *M. alba* MS-середовище забезпечувало значно кращу індукцію пагонів порівняно з WPM чи B5. Bhau та Wakhlu повідомили, що на MS із вузлових експлантів утворювалося більше пагонів, ніж на середовищах B5 чи WPM [20].

Таблиця 2 – Основні дезінфектанти, концентрації та результати стерилізації експлантів шовковиці

Реагент	Концентрація	Час експозиції	Результат
Миття з детергентом	Мило/мийний засіб у воді	10–15 хв	Зменшення кількості поверхневих мікроорганізмів; підготовка до дезінфекції
Етанол	70 %	30 с – 1 хв	Послаблює мембрани мікроорганізмів; знижує мікробне навантаження, але сам не гарантує стерильності
Гіпохлорит натрію (NaOCl)	≈5 %	Оптимально ~7 хв (5 хв – висока контамінація; 10 хв – некроз)	Зниження зараженості до ~20–30 %; ефективність підвищується за поєднання з УЗ-обробкою та антиоксидантами
Хлорид ртуті (HgCl ₂)	0,2 % (0,1 % недостатньо; 0,2–0,3 % ефективніше)	10 хв (після 70 % етанолу)	Контамінація ~10–19 % (типово ~18 %), виживання >80%; висока токсичність і вимоги до утилізації
Пероксид водню (H ₂ O ₂)	-	-	Допоміжний; нижча ефективність порівняно з NaOCl / HgCl ₂
Фунгіциди (карбендазим/тірам)	Замочування (робочі розчини)	За протоколом	Зниження грибних інфекцій у поєднанні з основною дезінфекцією
Plant Preservative Mixture (PPM)	Додається до середовища (робоча)	Перші тижні культивування	Пригнічує бактерії та гриби; майже повна відсутність контамінацій на старті
Наночастинки срібла (AgNPs)	20–40 мг/л	-	Повне усунення контамінації у деяких видів рослин; для <i>Morus</i> перспективно (потрібна валідація)

Подібно, інші роботи підтверджують перевагу MS для росту шовковиці над альтернативними середовищами. Середовище DKW, розроблене для деревних горіхів, застосовують для шовковиці рідко, хоча є поодинокі спроби його використання у стандартних рецептурах. Для стимуляції вкорінення часто застосовують половинну силу солей MS, що покращує коренеутворення завдяки зниженому мінеральному навантаженню [5, 21].

Цитокініни. Серед цитокінінів для *Morus* найбільш результативним є 6-бензиламінопу-

рин (BAP). Типові концентрації BAP становлять 0,5–2,0 мг/л; саме цей діапазон найкраще стимулює утворення бруньок і пагонів у культурі шовковиці. Дослідження показують, що BAP переважає над кінетином за ефективністю індукції пагонів: наприклад, за введення BAP у діапазоні 1,5–2,5 мг/л частка експлантів шовковиці, що утворили пагони, суттєво перевищувала аналогічний показник на середовищах з кінетином. Оптимальними для масового розмноження пагонів *Morus* вважаються концентрації близько 1–2 мг/л BAP [19, 22].

Таблиця 3 – Живильні середовища та їх ефективність

Середовище	Застосування	Ефективність
MS	Оптимальне середовище для шовковиці	Значно краща індукція пагонів порівняно з WPM чи B5; більше пагонів з вузлових експлантів ніж на B5 чи WPM
½ MS	Стимуляція вкорінення	Покращує коренеутворення завдяки зниженому мінеральному навантаженню
B5	Альтернатива MS	Менша ефективність для <i>Morus</i>
WPM	Альтернатива MS	Менша ефективність для <i>Morus</i>
DKW	Рідко	Низька ефективність для <i>Morus</i> . Поодинокі спроби застосування

Інші цитокініни, такі як кінетин (Kin) та тидіазурон (TDZ), теж використовують, хоча їх ефект може відрізнятися. Кінетин нерідко додають разом з BAP для синергії: наприклад, додавання 1 мг/л кінетину до 2 мг/л BAP підвищувало кількість утворених пагонів у *M. Alba*. TDZ відомий як дуже потужний цитокінін, що індукує органогенез навіть з експлантів дорослих рослин. У досліді з листками *M. Indica* (сорт V1) TDZ у концентрації близько 1 мг/л у поєднанні з ауксином дав найвищий відсоток появи адвентивних бруньок.

TDZ часто застосовують на етапі ініціації бруньок, але після цього може знадобитися перенесення пагонів на середовище з менш “стресовими” цитокінінами (BAP) для їх подовження. Для подовження пагонів та розвитку листків після дії TDZ рекомендують BAP у помірній дозі (близько 1 мг/л), інколи з додаванням гібереліну для стимуляції росту пагонів у довжину [23].

Ауксини. Ауксини відіграють ключову роль у вкоріненні *in vitro* рослин шовковиці, а також у деяких типах морфогенезу (калусогенез, ембріогенез). Найчастіше застосовувані ауксини – індолил-3-оцтова кислота (IAA), індолил-3-масляна кислота (IBA) та нафтилоцтова кислота (NAA). Для індукції коренів типові концентрації знаходяться в межах 0,1–1,0 мг/л. NAA часто використовують для укорінення *Morus alba* та споріднених видів: половинне MS-середовище з NAA забезпечує до 95 % вкорінення у *M. alba*, *M. indica* [5].

Для стимулювання появи адвентивних бруньок іноді додають ауксин у малих кіль-

костях разом із цитокінінами. Наприклад, додавання NAA близько 0,1–0,2 мг/л до BAP оптимізує утворення більшої кількості пагонів у вузлових експлантів *M. alba*.

У дослідженні з різними генотипами шовковиці найвищий коефіцієнт мультиплікації (близько 4–5 пагонів з експланта) отримали на MS з 2,0 мг/л BAP + 0,5 мг/л NAA. Ауксин IAA має слабшу дію і використовується рідше, інколи для підтримки калусогенезу або ембріогенезу в комбінації з більш сильними цитокінінами. Загалом для *in vitro* шовковиці перевагу надають синтетичним ауксинам IBA та NAA як більш стабільним і ефективним [5, 22].

Гібереліни. Гіберелінова кислота (GA_3) не є обов’язковим компонентом середовища розмноження шовковиці, однак її застосування може покращувати ріст і подовження пагонів. Зазвичай GA_3 додають на стадії регенерації пагонів після індукції бруньок, щоб подолати карликовість пагонів, зумовлену високими концентраціями цитокінінів (особливо TDZ). Типові концентрації GA_3 – 0,5–2,0 мг/л. Додавання GA_3 (2 мг/л) разом з BAP (1 мг/л) у фазу елонгації стимулювало ріст і витягування нових пагонів шовковиці. Однак надмірні дози GA_3 можуть спричинити витягнутість і ламкість пагонів, тому її застосовують обмежено і часто на нетривалий період. Загалом GA_3 використовують як допоміжний регулятор росту для покращення морфологічної якості пагонів, однак не є критично необхідним для успішного мікроклонального розмноження шовковиці [23].

Таблиця 4 – Основні регулятори росту для мікроклонального розмноження шовковиці (*Morus spp.*)

Група	Регулятор	Концентрація, мг/л	Ефект	Примітки
Цитокініни	ВАР (6-бензила-мінопурин)	оптимум 1–2	Індукція бруньок і пагонів; найефективніший цитокінін	Переважає над кінетином; базовий для мультиплікації
	Кінетин (Kin)	~1	Підсилює дію ВАР, сприяє диференціації	2 мг/л ВАР + 1 мг/л Kin підвищує кількість пагонів у <i>M. alba</i>
	Тідіазурон (TDZ)	~1,0	Потужна індукція органогенезу, навіть з дорослих тканин	Після ініціації потрібне перенесення на ВАР для елонгації
Ауксини	НАА (нафтилоцтова кислота)	0,1–1,0 (для коренів) або 0,1–0,2 (з ВАР)	Укорінення; підсилює формування пагонів за низьких доз	Забезпечує до 95 % укорінення на ½ MS
	ІВА (індолил-масляна кислота)	0,1–1,0	Сприяє укоріненню; стабільний синтетичний ауксин	Часто кращий за ІАА для <i>Morus spp.</i>
	ІАА (індолил-лоцтова кислота)	0,1–0,5	Менш стабільний; слабка дія	Використовується рідше, переважно для калусогенезу
Гібереліни	GA ₃ (гіберелінова кислота)	0,5–2,0	Подовження пагонів, покращення морфології	Додають після дії TDZ або разом із ВАР (1+2 мг/л)

Умови культивування *in vitro*. Стандартизовані фізичні умови культивування є важливими для успіху мікроклонального розмноження шовковиці. Зазвичай експланти вирощують за температури близько 25 °С та фотоперіоду 16 год світла/8 год темряви. Інтенсивність освітлення підтримують на рівні близько 1000–3000 люкс білого люмінесцентного світла. Наприклад, у одному з протоколів освітлення становило близько 1400 люкс (16 год на добу) за 26 °С, в іншому – 2500 люкс природного розсіяного світла використовували для акліматизації регенерантів. Оптимальний *pH* живильного середовища для шовковиці знаходиться в межах 5,6–5,8. Перед автоклавуванням середовище зазвичай регулюють до близько 5,8 рН, що сприяє кращому засвоєнню елементів живлення і стабільності агарози [5, 24].

Як гелеутворювач найчастіше використовують харчовий агар. Агар забезпечує достатню твердість субстрату для підтримки експлантів; однак його якість (очищення) може впливати на ріст (домішки агару інколи містять інгібітори). Альтернативою є гелланова камедь (комерційні форми – Phytigel, Gelrite)

у концентрації близько 2–3 г/л. Геллан забезпечує прозоріше середовище та інколи покращує поглинання поживних речовин, але може потребувати адаптації концентрації для конкретної культури. У практиці шовковицю успішно культивують і на агарі, і на геллані; вибір часто залежить від доступності. Цікавим є порівняння фізичного стану середовища: для *M. nigra* тверде агаризоване середовище значно краще підтримує множення пагонів, ніж рідке (5,8 проти 1,1 пагонів з експланта). Тому для масового розмноження рекомендують саме агарові або гелланові тверді середовища, а рідкі – хіба що у біореакторних системах [5, 25].

Джерелом вуглецю у живильному середовищі зазвичай є сахароза в стандартній концентрації близько 30 г/л (3 %). Сахароза – універсальний цукор, який найкраще засвоюється більшістю рослин *in vitro*. Для шовковиці також підтверджено переваги сахарози: у експерименті з регенерацією бруньок із листків різні вуглеводи тестували в діапазоні 1–3 %, і сахароза (3 %) забезпечила максимальне утворення бруньок, тимчасом фруктоза або глюкоза давали гірший резуль-

тат. Зокрема, за 3 % сахарози частка індукції адвентивних бруньок була найвищою, а заміна на фруктозу 2 % знижувала ефективність. Глюкозу та мальтозу іноді використовують у спеціальних випадках, однак для активної проліферації пагонів сахароза залишається найоптимальнішою. Деякі протоколи додають також органічні джерела вуглецю, такі як кокосова вода або глюкозамін, однак стандартом є саме сахароза [23].

Мультиплікація. Після успішної ініціації стерильних культур шовковиці на середовищі без регуляторів росту або з їх мінімальною кількістю бруньки утворюють первинні пагони завдовжки 1–3 см. Далі настає етап масового розмноження за пасажування пагонів на середовище з оптимальним цитокиніном. Коефіцієнт мультиплікації для *Morus* зазвичай становить 3–8 залежно від генотипу та умов. Зокрема, Таха та ін. повідомили про 4,1–5,6 нових пагонів із одного експланта на MS із 1,5 мг/л ВАР [5].

Найвищу продуктивність забезпечують верхівкові меристеми, хоча й бічні бруньки здатні давати пагони за занурення у живильне середовище [7]. Пасажі здійснюють кожні 4–6 тижнів, розділяючи пагони на сегменти з однією брунькою. Важливо своєчасно пересаджувати культури: за тривалого перебування на середовищі з цитокинінами пагони надмірно кущаться й виснажуються. Для масштабованого розмноження перспективним є використання рідких середовищ і систем тимчасового занурення [11]. Реакція залежить від генотипу: деякі поліплоїдні форми *M. alba* характеризуються нижчою швидкістю росту, що потребує адаптації протоколів [8].

Вибір регуляторів росту для стадії мультиплікації є визначальним. Найчастіше застосовують цитокиніни, які знімають апікальне домінування та стимулюють проростання пазушних бруньок. Бензиламінопурин (ВАР) у концентраціях 0,5–2,0 мг/л забезпечує формування від 4 до 8 пагонів на експлант у *M. alba* [26]. Використання тидіазурону (TDZ) в комбінації з ВАР продемонструвало підвищення коефіцієнта розмноження у *M. nigra*, яка загалом є більш вибагливою у культурі *in vitro* [27]. Додавання невеликих доз ауксинів (ІАА або ІВА на рівні 0,1–0,2 мг/л) дозволяє підтримувати витягування пагонів без надмірного калусоутворення [9].

Ключовими труднощами цього етапу є варіабельність реакцій різних генотипів та ризик формування склоподібних, гіпергідратованих пагонів за високих доз цитокинінів. Для зниження таких ризиків рекоменду-

ється корекція співвідношення $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ у середовищі, а також застосування антиоксидантів. У випадку *M. nigra* варто поєднувати TDZ з GA_3 , що покращує якість пагонів і збільшує кількість листків. Отже, мультиплікація пагонів у *Morus* spp. потребує гнучкої оптимізації під конкретний генотип, однак загалом забезпечує високі коефіцієнти розмноження та стабільність одержаного матеріалу [27].

Морфогенез. Морфогенез шовковиці охоплює два підходи – органогенез та соматичний ембріогенез. Органогенез реалізується як прямий (без стадії калусу) або непрямий (через калусогенез). Найчастіше його індукують із листових експлантів, інтернодіїв та меристем. Наприклад, використання ВАР (1–2 мг/л) у комбінації з низькою дозою NAA (0,1–0,2 мг/л) дозволяло отримати до 14 пагонів із листового експланта *M. indica* сорту V1 [23]. Додавання TDZ у низьких концентраціях (0,1–0,5 мг/л) значно підвищувало частоту регенерації пагонів у різних сортів *M. alba* та *M. indica* [28].

Соматичний ембріогенез у шовковиці використовують рідше, проте він має стратегічне значення для селекції та кріозбереження. Було показано, що з калусу листових експлантів *M. alba* можна отримати ембріоїди за культивування на середовищі з додаванням 2,4-D у поєднанні з 6 % сахарози. Ембріоїди проходять типові стадії – глобулярну, серцеподібну, торпедоподібну – і здатні проростати у цілі рослини. Хоча відсоток конверсії ембріоїдів у рослини залишається відносно низьким (15–30 %), метод перспективний для масового розмноження та трансформаційних експериментів [29].

Основними обмеженнями морфогенезу є генотипова специфічність і ризик соматичної варіабельності. Тому для збереження стабільності сорту в масовому розмноженні рекомендується надавати перевагу органогенезу, тимчасом соматичний ембріогенез варто використовувати для наукових і селекційних завдань.

Ризогенез. Формування кореневої системи є критичним етапом, що забезпечує життєздатність і подальший ріст мікроклональних рослин. Для шовковиці характерна відносна легкість укорінення, що пов'язано з високим рівнем ендогенних ауксинів. Проте для стабільного результату застосовують спеціальні середовища. Найчастіше використовують ½ MS із додаванням ІВА (0,5–1,0 мг/л), що забезпечує укорінення до 80–95 % пагонів *M. alba* [26]. У випадку *M. nigra* ефективність

нижча, і тут доцільно застосовувати попередню короткочасну обробку концентрованим розчином ІВА (50 мг/л впродовж 30–60 хв), після чого рослини переносять на безгормональне середовище [27].

У ряді протоколів використовують активоване вугілля (0,5–1,0 г/л) для поглинання залишків цитокинінів та стимуляції розвитку довших коренів. Деякі автори рекомендують додавати невеликі дози аденінсульфату або поліамінів, які сприяють формуванню більш розгалуженої кореневої системи [19].

Висока ефективність ризогенезу робить можливим застосування також укорінення *ex vitro* – мікропагони одразу висаджують у стерильний субстрат і обробляють порошковим ІВА. Цей метод скорочує цикл отримання саджанців і зменшує витрати на лабораторні ресурси [7].

Постасептична адаптація. Останнім етапом мікроклонального розмноження є акліматизація регенерантів до умов відкритого середовища. Рослини, що вийшли з пробірки, мають недорозвинену кутикулу, слабкі продихові реакції та високий ризик втрати води. Тому їх висаджують у стерильні субстрати (суміш торфу, піску та перліту у співвідношенні 2:1:1 або 2:2:1) та підтримують у камерах з високою вологістю (80–90 %) і розсіяним світлом впродовж перших 2–3 тижнів [26].

Поступове зниження вологості та збільшення інтенсивності світла дозволяє рослинам адаптуватися до нестерильних умов. Дослідження *M. alba* показали, що виживання сягає 85–95 % за оптимальних умов акліматизації [26].

У випадку шовковиці акліматизація зазвичай проходить успішно: для *M. alba* у кількох роботах зафіксовано високі показники виживання під час загартування в теплиці – близько 90–94 % залежно від генотипу та умов [5, 30]. Для *M. nigra* результати також високі, однак можуть бути дещо нижчими або більш варіабельними; у нещодавній праці повідомлено, що близько 84 % мікропагонів укорінилося, і вкорінені пагони успішно акліматизувалися *ex vitro* [8].

Низка досліджень зазначає, що для роду *Morus* етап переведення з *in vitro* є відносно керованим: наприклад, у *M. bombycis* «Kenmochi» усі пагони легко укорінювалися *in vivo* (*ex vitro*) у суміші торфу й формували життєздатні рослини [7]. Показано також, що оптимізація розміру *in vitro*-рослин і добір субстратів у реальних розсадникових умовах забезпечують високі показники аклі-

матизації *M. alba* – понад 80–85 % за належних комбінацій ґрунтових сумішей [31].

Проблемою цього етапу можуть бути грибні інфекції, тому рекомендоване обприскування фунгіцидами у низьких концентраціях [20].

Успішна постасептична адаптація є визначальною для практичного впровадження мікроклонального розмноження. За правильно підібраних умов отримані саджанці не поступаються традиційним за ростом і продуктивністю та зберігають усі сортові ознаки. Це підтверджує перспективність використання технологій *in vitro* для масового виробництва безвірусного та однорідного посадкового матеріалу шовковиці.

Біореактори. Використання біореакторів є перспективним напрямом масштабування мікроклонального розмноження та отримання вторинних метаболітів *in vitro*. Традиційне культивування на твердих середовищах потребує частих пасажів і значних трудових витрат, тимчасом біореактори забезпечують автоматизоване живлення й аерацію тканин. Найбільш ефективними для деревних культур, зокрема для *M. alba*, виявилися системи тимчасового занурення (TIS), де експланти періодично змочуються живильним розчином. Такі умови сприяють кращій аерації, зменшенню гіпергідратії та підвищенню коефіцієнтів мультиплікації. У дослідженні з використанням системи SETIS™ для сорту «Criolla» кількість пагонів на експлант майже подвоїлася порівняно з агаризованим середовищем (близько 12 проти 6) [11, 32]. Біореактори також застосовують для культивування калусу та суспензійних клітин шовковиці, що дозволяє отримувати значно більшу біомасу для виділення фенольних та стильбеноїдних сполук [10]. У перспективі такі системи можуть стати основою для промислового виробництва оздоровленого посадкового матеріалу та цінних метаболітів шовковиці.

Кріозбереження й довгострокова консервація. Традиційне збереження колекцій шовковиці здійснюється в польових умовах (насадження дерев) або *in vitro* в режимі уповільненого росту (низька температура, мінімум поживних речовин). Однак ці способи потребують постійного догляду і не гарантують захисту від втрати зразків через хвороби чи катаклізми. Кріозбереження – метод зберігання біологічного матеріалу у рідкому азоті (-196 °C) – дозволяє потенційно необмежено довго консервувати генотипи без ризику мутацій і деградації.

Таблиця 5 – Основні умови культивування *in vitro* (*Morus* spp.)

Параметр	Оптимальні умови	Примітки
Температура	$\sim 25 \pm 1$ °C	Стабільна температура необхідна для нормального морфогенезу
Фотоперіод	16 год світла / 8 год темряви	Стандарт для більшості протоколів
Освітленість	1000–3000 люкс (оптимум ≈ 1400 –2500)	Білі люмінесцентні лампи або розсіяне світло
pH середовища	5,6–5,8	Сприяє кращому засвоєнню елементів живлення
Гелеутворювач	Агар (6–8 г/л) або Phytigel (2–3 г/л)	Тверде середовище ефективніше за рідке (5,8 проти 1,1 пагонів у <i>M. nigra</i>)
Джерело вуглецю	Сахароза 3 % (30 г/л)	Найкраще стимулює утворення бруньок; інші цукри менш ефективні
Середовище для мультиплікації	MS + BAP (0,5–2 мг/л) $\pm$ NAA (0,1–0,2 мг/л)	4–8 пагонів/експлант; TDZ + BAP ефективні для <i>M. nigra</i>
Середовище для укорінення	$\frac{1}{2}$ MS + IBA (0,5–1 мг/л) або NAA (0,5 мг/л)	До 95 % укорінення для <i>M. alba</i> ; нижче для <i>M. nigra</i>
Активоване вугілля	0,5–1,0 г/л (за потреби)	Поліпшує розвиток коренів, зменшує залишки цитокінінів
Акліматизація	Субстрат торф:пісок:перліт = 2:1:1 або 2:2:1	Вологість 80–90 %, світло розсіяне 2–3 тижні; виживання 85–95 %
Проблеми та рішення	Гіпергідратація, інфекції	Знижувати дози цитокінінів; застосовувати фунгіциди у низьких концентраціях

Для *M. alba* описано два надійні варіанти. Перший – інкапсуляція верхівкових меристем в альгінат із подальшим поступовим зневодненням і швидким зануренням у рідкий азот; другий – вітрифікація, коли меристеми короткочасно обробляють кріопротектором PVS2 за низької температури, а далі швидко охолоджують. Обидва підходи забезпечують відновлення життєздатних пагонів після розморожування, за умови коректної підготовки тканин і швидкого відтавання [33, 34].

Для великих колекцій практичною є схема роботи зі сплячими зимовими бруньками: контрольоване повільне охолодження пагонів із бруньками, далі занурення в рідкий азот, після чого – повільне відтавання з ре-гідратацією. Такі протоколи опрацьовано на різних генотипах *Morus*; показано відновлення бруньок і формування пагонів за оптимізованих режимів охолодження/відтавання [6]. Перевага методу – простіше отримання матеріалу (без стерильної роботи з меристемами), обмеження – сезонність заготівлі.

Після кріоконсервації і меристеми, і сплячі бруньки можуть відновлювати нормальні

пагони, придатні до подальшого укорінення та акліматизації. За умов правильної підготовки, нетоксичних експозицій PVS2 та швидкого відтавання регенеранти зберігають морфологічні ознаки; загальні принципи контролю генетичної стабільності (ISSR/RAPD тощо) узгоджуються з підходами, прийнятими для інших плодівих культур [6, 35].

Прогалини знань та майбутні напрями.

Попри відчутний прогрес, у *Morus* залишаються «вузькі місця», що стримують стандартизацію та масштабування технологій *in vitro*.

Генотипова специфічність. Більшість протоколів відпрацьовано на *M. alba*, тимчасом *M. nigra*, *M. rubra* та міжвидові гібриди часто реагують інакше на ті самі середовища, регулятори росту та умови культивування. Порівняльні роботи показують різницю у мультиплікації пагонів і укоріненні між видами та навіть сортами, що потребує цілеспрямованих тестів і адаптивних схем для кожної таксономічної групи [8, 20].

Генетична стабільність. Хоча у шовковиці соматоклональні відхилення фіксують нечасто, тривале пасажування, особливо через

калюс, підвищує ризики. Верифікація ISSR/RAPD-маркерами або більш сучасними генотипувальними підходами має бути стандартом для елітних клонів; додатково слід враховувати стресові ефекти вірус-елімінаційних процедур [35].

Кріозбереження. Для меристем і сплячих бруньок уже існують працездатні протоколи (інкапсуляційно-дегідратаційні та PVS2/PVS3-вітрифікація; двокрокове заморожування), однак відновлення суттєво варіює між генотипами. Подальше підвищення життєздатності можливе через тонке налаштування складу кріопротекторів, температурних режимів та післякріогенного відновлення [6, 35].

Трансформація та редагування геному. Частота регенерації після *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації у *Morus* досі помірна й варіабельна. Перспективи пов'язують із використанням морфогенних факторів (WUS, BBM), що посилюють регенераційну здатність, а також із оптимізацією органогенезу/ембріогенезу. Наявні геномні ресурси *M. notabilis* та *M. alba* створюють міцне підґрунтя для цілеспрямованого CRISPR-редагування – насамперед генів, що визначають стресостійкість і біосинтез цільових метаболітів [1, 13].

Масштабування. Для здешевлення виробництва ключовими є тимчасово занурені системи (TIS) та інші біореакторні рішення, оптимізація мінерального й вуглецевого живлення під час світлокультури, а також стандартизовані схеми акліматизації. Ці інструменти довели ефективність у низці культур, однак для *Morus* потрібні системні порівняння на рівні видів/сортів і фаз розвитку, щоб сформувати надійні протоколи [11].

Висновки. Проведений аналіз літератури засвідчив, що методи мікроклонального розмноження шовковиці мають ключове значення для забезпечення потреб плодівництва й шовківництва, а також для збереження і розширення генетичних ресурсів. Ефективність технологій *in vitro* переконливо доведена для *Morus alba*, тимчасом для інших видів роду – зокрема *M. nigra* та міжвидових форм – протоколи потребують цілеспрямованої адаптації. Це підтверджує вирішальну роль генотипових особливостей і необхідність індивідуалізованого підходу. Визначальними для успішної регенерації є тип експланта, схема стерилізації та підбір живильного середовища: для мультиплікації пагонів найчастіше застосовують середовища на основі MS із цитокінінами, тимчасом для індукції коренеутворення – половинні за концентрації

єю MS з додаванням ауксинів. Важливими залишаються режими освітлення, температура і вологість у культурі, а також параметри акліматизації, що визначають приживлюваність рослин *ex vitro*.

За ступенем готовності до практики доцільно розмежувати два блоки. До вже впроваджуваних належать технології розмноження на основі MS, *ex vitro* укорінення та акліматизація, а також застосування біореакторів тимчасового занурення (TIS), які істотно підвищують коефіцієнт розмноження і зменшують трудомісткість, роблячи процес придатним для промислового масштабу. Сюди ж належить і кріозбереження, передусім для *M. alba*, яке забезпечує довготривале зберігання генофонду з перспективою використання у селекційних та відновлювальних програмах. Натомість до напрямів, що перебувають на стадії апробації, належать CRISPR/Cas-редагування та інші біоінженерні підходи до підсилення регенераційної компетентності (зокрема модифікація морфогенетичних шляхів) і подальша стандартизація біореакторних режимів для «складних» видів, де ще бракує відтворюваності між генотипами.

Попри відчутний прогрес, залишаються виклики: генотипова специфічність реакцій на регулятори росту, ризики соматоклональної мінливості, а також економічні параметри виробництва, що потребують додаткових досліджень і уніфікації підходів. У перспективі пріоритетними завданнями є оптимізація складу середовищ і режимів культивування для видів із низькою регенераційною здатністю, інтеграція сучасних молекулярних методів моніторингу генетичної стабільності клонів, розширення застосування TIS і доведення до технологічної зрілості CRISPR- та суміжних біоінженерних рішень. Реалізація цих кроків сприятиме отриманню високоякісного посадкового матеріалу, збереженню біорізноманіття та підвищенню стійкості агроєкосистем до кліматичних змін, а отже – поєднанню наукових досягнень із практичними потребами сільського господарства та фармакології.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Comprehensive overview of different medicinal parts from *Morus alba* L.: chemical compositions and pharmacological activities / Y. Wang et al. *Frontiers in Pharmacology*. 2024. Vol. 15. 1364948 p. DOI: 10.3389/fphar.2024.1364948.
2. Lim S.H., Choi C.-I. Pharmacological Properties of *Morus nigra* L. (Black Mulberry) as A Promising Nutraceutical Resource. *Nutrients*. 2019. Vol. 11. No 2. 437 p. DOI: 10.3390/nu11020437.

3. Baciu E.-D., Baci G.-M., Moise A.R., Dezmiorean D.S.A. Status Review on the Importance of Mulberry (*Morus* spp.) and Prospects towards Its Cultivation in a Controlled Environment. *Horticulturae*. 2023. Vol. 9. No 4. 444 p. DOI: 10.3390/horticulturae9040444.
4. Plant Adaptation and Tolerance to Environmental Stresses: Mechanisms and Perspectives / A. Raza et al. *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I*. Singapore: Springer Singapore, 2020. P. 117–145. DOI: 10.1007/978-981-15-2156-0_5.
5. Optimization of in vitro culture conditions affecting propagation of mulberry plant / H. Taha et al. *Bulletin of the National Research Centre*. 2020. Vol. 44. No 1. 60 p. DOI: 10.1186/s42269-020-00314-y.
6. Choudhary R., Malik S.K., Chaudhury R., Rao A.A. Optimized Recovery of Cryostored Dormant Buds of Mulberry Germplasm. *Plants*. 2023. Vol. 12. No 2. 225 p. DOI: 10.3390/plants12020225.
7. Litwińczuk W., Jacek B. Micropropagation of Mountain Mulberry (*Morus bombycis* Koidz.) 'Kenmochi' on Cytokinin-Free Medium. *Plants*. 2020. Vol. 9. No 11. 1533 p. DOI: 10.3390/plants9111533.
8. Developing micropropagation protocol for black mulberry (*Morus nigra* L.) / M. Özkul et al. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2024. Vol. 48. No 4. P. 557–566. DOI: 10.55730/1300-011X.3201.
9. Bhau B.S., Wakhlu A.K. Effect of genotype, explant type and growth regulators on organogenesis in *Morus alba*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2001. Vol. 66. No 1. P. 25–29. DOI: 10.1023/A:1010617212237.
10. Dalla Costa V., Piovan A., Brun P., Filippini R. *Morus alba* L. Cell Cultures as Sources of Antioxidant and Anti-Inflammatory Stilbenoids for Food Supplement Development. *Molecules*. 2025. Vol. 30. No 9. 2073 p. DOI: 10.3390/molecules30092073.
11. Murthy H.N., Joseph K.S., Paek K.Y., Park S.Y. Bioreactor systems for micropropagation of plants: present scenario and future prospects. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. 1159588 p. DOI: 10.3389/fpls.2023.1159588.
12. Rohela G.K., Shukla P., Muttanna Kumar R., Chowdhury S.R. Mulberry (*Morus* spp.): An ideal plant for sustainable development. *Trees, Forests and People*. 2020. Vol. 2. 100011 p. DOI: 10.1016/j.tfp.2020.100011.
13. Advancement in genetic transformation of mulberry: Current trends and future directions / P. Mangammal et al. *Plant Science Today*. 2025. DOI: 10.14719/pst.8167.
14. Thorpe T.A. History of plant tissue culture. *Molecular Biotechnology*. 2007. Vol. 37. No 2. P. 169–180. DOI: 10.1007/s12033-007-0031-3.
15. Гречаник Р.М., Гузь М.М., Олексійченко Н.О. Особливості введення в культуру in vitro шовковиці білої (*Morus alba* Linn.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. № 21.17. С. 9–21. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_17/9_Gre.pdf.
16. Standardization of Sterilization Techniques and Suitable Explants for Aseptic Establishment in Mulberry (*Morus* spp.) Tissue Culture / S. Choudhary et al. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. 2025. Vol. 28. No 7. P. 723–732. DOI: 10.9734/jabb/2025/v28i72590.
17. Musurmonkulova D. The effect of sterilization methods on the in-vitro propagation of mulberry varieties. *Web of Agriculture: Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2025. Vol. 3. No 6. P. 46–48. URL: <https://webofjournals.com/index.php/8/article/view/4777>.
18. Vinh B.V.T., Tung H.T., Bien L.T., Nhut D.T. Silver Nanoparticles as a Sterilant in Plant Micropropagation. *Metal Nanoparticles in Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2024. P. 105–122. DOI: 10.1007/978-981-97-3161-9_4.
19. Potential of *Morus nigra* in Central Europe focused on micropropagation: A short review / P. Švaĝr et al. *Journal of Forest Science*. 2023. Vol. 69. No 11. P. 463–469. DOI: 10.17221/73/2023-JFS.
20. Bhau B.S., Wakhlu A.K. Rapid Micropropagation of Five Cultivars of Mulberry. *Biologia plantarum*. 2003. Vol. 46. No 3. P. 349–355. DOI: 10.1023/A:1024313832737.
21. Ya Yo., Eva M., Khujamshukurov N.A., Kuchkarova D.X. Getting Sprouts from Mulberry Trees in in vitro Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol. 9. No 4. P. 3152–3161. DOI: 10.20546/ijemas.2020.904.367.
22. Sujathamma P., Swetha Priya M. In vitro regeneration of some diploid and triploid mulberry (*Morus* spp.) varieties using shoot tips as explant. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6. No 6. P. 1153–1159. URL: <https://www.botanyjournals.com/assets/archives/2021/vol6issue6/6-6-190-248.pdf>.
23. In Vitro Plant Regeneration of *Morus indica* L. cv. V1 Using Leaf Explant / M.K. Raghunath et al. *American Journal of Plant Sciences*. 2013. Vol. 04. No 10. P. 2001–2005. DOI: 10.4236/ajps.2013.410249.
24. Rezaei-Zafarghandi M.S., Rahmati-Joneidabad M. Effects of thidiazuron on in vitro shoot regeneration of *Morus alba*. *BioTechnologia*. 2020. Vol. 101. No 1. P. 55–61. DOI: 10.5114/bta.2020.92927.
25. Sevgi N.N., KhaliD A. K., Özkul M. Effects of charcoal and physical state of medium on micropropagation of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2023. Vol. 60. No 1. P. 53–60. DOI: 10.20289/zfdergi.1198529.
26. Saha S., Adhikari S., Dey T., Ghosh P. RAPD and ISSR based evaluation of genetic stability of micropropagated plantlets of *Morus alba* L. variety S-1. *Meta Gene*. 2016. Vol. 7. P. 7–15. DOI: 10.1016/j.mgene.2015.10.004.
27. Bulunuz Palaz E., Ugur R. Establishing an effective protocol for micropropagation of mulberry (*Morus nigra* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2022. Vol. 21. No 4. P. 3–10. DOI: 10.24326/asphc.2022.4.1.

28. Chitra D.S.V., Padmaja G. Shoot regeneration via direct organogenesis from in vitro derived leaves of mulberry using thidiazuron and 6-benzylaminopurine. *Scientia Horticulturae*. 2005. Vol. 106. No 4. P. 593–602. DOI: 10.1016/j.scienta.2005.05.008.

29. Agarwal S., Kanwar K., Sharma D.R. Factors affecting secondary somatic embryogenesis and embryo maturation in *Morus alba* L. *Scientia Horticulturae*. 2004. Vol. 102. No 3. P. 359–368. DOI: 10.1016/j.scienta.2004.04.002.

30. Aroonpong P., Chang J.-C. Micropropagation of a difficult-to-root weeping mulberry (*Morus alba* var. Shidareguwa): A popular variety for ornamental purposes. *Scientia Horticulturae*. 2015. Vol. 194. P. 320–326. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.08.019.

31. Espinosa-Reyes L.A., Silva-Pupo J.J., Bahi-Arevich M., Romero-Cabrera D. Influence of in vitro plant size and substrate type on the acclimatization of *Morus alba* L. *Pastos y Forrajes*. 2019. Vol. 42. No 1. P. 23–29. URL: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n1/en_2078-8452-pyf-42-01-23.pdf.

32. In vitro multiplication of *Morus alba* L. Criolla variety in temporary immersion systems / J. Pérez-Pérez et al. *Pastos y Forrajes*. 2020. Vol. 43. No 3. P. 221–229. URL: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n3/en_2078-8452-pyf-43-03-235.pdf.

33. Zamecnik J., Faltus M., Bilavcik A. Vitrification Solutions for Plant Cryopreservation: Modification and Properties. *Plants*. 2021. Vol. 10. No 12. P. 2623. DOI: 10.3390/plants10122623.

34. Cryopreservation of white mulberry (*Morus alba* L.) by encapsulation-dehydration and vitrification / M.D.A. Padrò et al. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2012. Vol. 108. No 1. P. 167–172. DOI: 10.1007/s11240-011-0017-5.

35. Phytotoxicity and Other Adverse Effects on the In Vitro Shoot Cultures Caused by Virus Elimination Treatments: Reasons and Solutions / K. Magyar-Tábori et al. *Plants*. 2021. Vol. 10. No 4. P. 670. DOI: 10.3390/plants10040670.

REFERENCES

1. Wang, Y., Ai, Q., Gu, M., Guan, H., Yang, W., Zhang, M., Mao, J., Lin, Z., Liu, Q., Liu, J. (2024). Comprehensive overview of different medicinal parts from *Morus alba* L.: chemical compositions and pharmacological activities. *Frontiers in Pharmacology*. Vol. 15, 1364948 p. DOI: 10.3389/fphar.2024.1364948.

2. Lim, S.H., Choi, C.-I. (2019). Pharmacological Properties of *Morus nigra* L. (Black Mulberry) as A Promising Nutraceutical Resource. *Nutrients*. Vol. 11(2), 437 p. DOI: 10.3390/nu11020437.

3. Baci, E.-D., Baci, G.-M., Moise, A.R. and Dezmirean, D.S. (2023). A Status Review on the Importance of Mulberry (*Morus* spp.) and Prospects towards Its Cultivation in a Controlled Environment. *Horticulturae*. Vol. 9(4), 444 p. DOI: 10.3390/horticulturae9040444.

4. Raza, A., Ashraf, F., Zou, X., Zhang, X., Tosif, H. (2020). Plant Adaptation and Tolerance to En-

vironmental Stresses: Mechanisms and Perspectives. *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I*. Singapore, Springer Singapore, pp. 117–145. DOI: 10.1007/978-981-15-2156-0_5.

5. Taha, H., Ghazy, U.M., Gabr, A.M.M., EL-Kazzaz, A.A.A., Ahmed, E.A.M.M., Haggag, K.M. (2020). Optimization of in vitro culture conditions affecting propagation of mulberry plant. *Bulletin of the National Research Centre*. Vol. 44(1), 60 p. DOI: 10.1186/s42269-020-00314-y.

6. Choudhary, R., Malik, S.K., Chaudhury, R., Rao, A.A. (2023). Optimized Recovery of Cryostored Dormant Buds of Mulberry Germplasm. *Plants*. Vol. 12(2), 225 p. DOI: 10.3390/plants12020225.

7. Litwińczuk, W., Jacek, B. (2020). Micropropagation of Mountain Mulberry (*Morus bombycis* Koidz.) “Kenmochi” on Cytokinin-Free Medium. *Plants*. Vol. 9(11), 1533 p. DOI: 10.3390/plants9111533.

8. Özkul, M., Sevgi, N., Özkul, M., Negi, N.P., Eyduran, S.P., Yilmaz, B., Akin, M. (2024). Developing micropropagation protocol for black mulberry (*Morus nigra* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 48(4), pp. 557–566. DOI: 10.55730/1300-011X.3201.

9. Bhau, B.S., Wakhlu, A.K. (2001). Effect of genotype, explant type and growth regulators on organogenesis in *Morus alba*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. Vol. 66(1), pp. 25–29. DOI: 10.1023/A:1010617212237.

10. Dalla Costa, V., Piovan, A., Brun, P., Filippini, R. (2025). *Morus alba* L. Cell Cultures as Sources of Antioxidant and Anti-Inflammatory Stilbenoids for Food Supplement Development. *Molecules*. Vol. 30(9), 2073 p. DOI: 10.3390/molecules30092073.

11. Murthy, H.N., Joseph, K.S., Paek, K.Y., Park, S.Y. (2023). Bioreactor systems for micropropagation of plants: present scenario and future prospects. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 14, 1159588 p. DOI: 10.3389/fpls.2023.1159588.

12. Rohela, G.K., Shukla, P., Muttanna, Kumar, R., Chowdhury, S.R. (2020). Mulberry (*Morus* spp.): An ideal plant for sustainable development. *Trees, Forests and People*. Vol. 2, 100011 p. DOI: 10.1016/j.tfp.2020.100011.

13. Mangammal, P., Bhuvana, S., Kiruba, M., Vinothini, N., Govindan, K., Sasikumar, K., Kumar, P., Devanad, P.S., Senthil Kumar, P.B., Sivakumar, B. (2025). Advancement in genetic transformation of mulberry: Current trends and future directions. *Plant Science Today*. DOI: 10.14719/pst.8167.

14. Thorpe, T.A. (2007). History of plant tissue culture. *Molecular Biotechnology*. Vol. 37(2), pp. 169–180. DOI: 10.1007/s12033-007-0031-3.

15. Hrechanyk, R.M., Huz, M.M., Oleksijchenko, N.O. (2011). Osoblyvosti vvedennya v kulturu in vitro shovkovyey biloyi (*Morus alba* Linn.) [Features of introducing white mulberry (*Morus alba* Linn.) into in vitro culture]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]. no. 21.17, pp. 9–21. Available at: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_17/9_Gre.pdf

16. Choudhary, S., Yadav, S.K., Aman, Bishnoi, K., Poonia, M.K., Rathore, P.K. (2025). Standardization of Sterilization Techniques and Suitable Explants for Aseptic Establishment in Mulberry (*Morus* spp.) Tissue Culture. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. Vol. 28(7), pp. 723–732. DOI: 10.9734/jabb/2025/v28i72590.
17. Musurmonkulova, D. (2025). The effect of sterilization methods on the in-vitro propagation of mulberry varieties. *Web of Agriculture: Journal of Agriculture and Biological Sciences*. Vol. 3(6), pp. 46–48. Available at: <https://webofjournals.com/index.php/8/article/view/4777>
18. Vinh, B.V.T., Tung, H.T., Bien, L.T., Nhut, D.T. (2024). Silver Nanoparticles as a Sterilant in Plant Micropropagation. *Metal Nanoparticles in Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. Singapore, Springer Nature Singapore, pp. 105–122. DOI: 10.1007/978-981-97-3161-9_4.
19. Švagr, P., Gallo, J., Vítámvás, J., Podrázský, V., Baláš, M. (2023). Potential of *Morus nigra* in Central Europe focused on micropropagation: A short review. *Journal of Forest Science*. Vol. 69(11), pp. 463–469. DOI: 10.17221/73/2023-JFS.
20. Bhau, B.S., Wakhlu, A.K. (2003). Rapid Micropropagation of Five Cultivars of Mulberry. *Biologia plantarum*. Vol. 46(3), pp. 349–355. DOI: 10.1023/A:1024313832737.
21. Ya, Yo., Eva, M., Khujamshukurov, N.A., Kuchkarova, D.X. (2020). Getting Sprouts from Mulberry Trees in in vitro Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Vol. 9(4), pp. 3152–3161. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.904.367.
22. Sujathamma, P., Swetha Priya, M. (2021). In vitro regeneration of some diploid and triploid mulberry (*Morus* spp.) varieties using shoot tips as explant. *International Journal of Botany Studies*. Vol. 6(6), pp. 1153–1159. Available at: <https://www.botanyjournals.com/assets/archives/2021/vol6issue6/6-6-190-248.pdf>
23. Raghunath, M.K., Nataraja, K.N., Meghana, J.S., Sajeevan, R.S., Rajan, M.V., Hussaine Qadri, S.M. (2013). In Vitro Plant Regeneration of *Morus indica* L. cv. V1 Using Leaf Explant. *American Journal of Plant Sciences*. Vol. 04(10), pp. 2001–2005. DOI: 10.4236/ajps.2013.410249.
24. Rezaei-Zafarghandi, M.S., Rahmati-Joneidabad, M. (2020). Effects of thidiazuron on in vitro shoot regeneration of *Morus alba*. *BioTechnologia*. Vol. 101(1), pp. 55–61. DOI: 10.5114/bta.2020.92927.
25. Sevgi, N.N., Khali, A.K., Özkul, M. (2023). Effects of charcoal and physical state of medium on micropropagation of black mulberry (*Morus nigra* L.). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. Vol. 60(1), pp. 53–60. DOI: 10.20289/zfdergi.1198529.
26. Saha, S., Adhikari, S., Dey, T., Ghosh, P. (2016). RAPD and ISSR based evaluation of genetic stability of micropropagated plantlets of *Morus alba* L. variety S-1. *Meta Gene*. Vol. 7, pp. 7–15. DOI: 10.1016/j.mgene.2015.10.004.
27. Bulunuz Palaz, E., Ugur, R. (2022). Establishing an effective protocol for micropropagation of mulberry (*Morus nigra* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. Vol. 21(4), pp. 3–10. DOI: 10.24326/asphc.2022.4.1.
28. Chitra, D.S.V., Padmaja, G. (2005). Shoot regeneration via direct organogenesis from in vitro derived leaves of mulberry using thidiazuron and 6-benzylaminopurine. *Scientia Horticulturae*. Vol. 106(4), pp. 593–602. DOI: 10.1016/j.scienta.2005.05.008.
29. Agarwal, S., Kanwar, K., Sharma, D.R. (2004). Factors affecting secondary somatic embryogenesis and embryo maturation in *Morus alba* L. *Scientia Horticulturae*. Vol. 102(3), pp. 359–368. DOI: 10.1016/j.scienta.2004.04.002.
30. Aroonpong, P., Chang, J.-C. (2015). Micropropagation of a difficult-to-root weeping mulberry (*Morus alba* var. *Shidareguwa*): A popular variety for ornamental purposes. *Scientia Horticulturae*. Vol. 194, pp. 320–326. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.08.019.
31. Espinosa-Reyes, L.A., Silva-Pupo, J.J., Bahi-Arevich, M., Romero-Cabrera, D. (2019). Influence of in vitro plant size and substrate type on the acclimatization of *Morus alba* L. *Pastos y Forrajes*. Vol. 42(1), pp. 23–29. Available at: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n1/en_2078-8452-pyf-42-01-23.pdf.
32. Pérez-Pérez, J., Fonseca-Yero, M., Bahi-Arevich, M., Pupo, J., Werbrouck, S. (2020). In vitro multiplication of *Morus alba* L. Criolla variety in temporary immersion systems. *Pastos y Forrajes*. Vol. 43(3), pp. 221–229. Available at: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n3/en_2078-8452-pyf-43-03-235.pdf.
33. Zamecnik, J., Faltus, M., Bilavcik, A. (2021). Vitrification Solutions for Plant Cryopreservation: Modification and Properties. *Plants*. Vol. 10(12), 2623 p. DOI: 10.3390/plants10122623.
34. Padrò, M.D.A., Frattarelli, A., Sgueglia, A., Condello, E., Damiano, C., Caboni, E. (2012). Cryopreservation of white mulberry (*Morus alba* L.) by encapsulation-dehydration and vitrification. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. Vol. 108(1), pp. 167–172. DOI: 10.1007/s11240-011-0017-5.
35. Magyar-Tábori, K., Mender-Drienyovszki, N., Hanász, A., Zsombik, L., Dobránszki, J. (2021). Phytotoxicity and Other Adverse Effects on the In Vitro Shoot Cultures Caused by Virus Elimination Treatments: Reasons and Solutions. *Plants*. Vol. 10(4), 670 p. DOI: 10.3390/plants10040670.

Mulberry (*Morus*) in vitro: state of research and future prospects

Ivanchuk A.

The review summarizes current research on mulberry cultivation (*Morus* spp.) in vitro, focusing on efficiency and limitations of microclonal propagation. It examines the influence of explant type, physiological state of donor plants, sterilization methods, culture medium composition, and hormonal balance on the success of cultivation introduction. It has been shown that the use of juvenile tissues, optimized disinfection, and MS medium enriched with cytokinins (BAP, TDZ) and auxins (NAA, IBA) ensures effective induction, multiplication, and rhizogenesis.

The role of rooting protocols, which are often based on half MS medium with the addition of auxins, is emphasized; ex vitro rooting reduces costs and speeds up seedling production. Acclimatization of regenerants is usually successful, although species such as *M. nigra* show greater variability.

The application of temporary immersion systems (TIS) increases multiplication rates, reduces physiological disorders, and facilitates scaling up, making them promising for commercial applications. Cryopreservation methods (vitrification, encapsulation-dehydration approaches, two-stage bud freezing) that ensure long-term preservation of the gene pool

were also considered, although the effectiveness of restoration depends on the genotype.

The results obtained demonstrate that in vitro systems for mulberry are not only an effective method for rapid propagation and preservation of the gene pool, but also a strategic platform for sustainable agriculture, pharmacological applications, and ecosystem restoration in the context of climate change.

Key words: mulberry (*Morus spp.*), microclonal propagation, in vitro, culture media, artificial ecosystems, aseptic culture, shoot multiplication, rhizogenesis, acclimatization.



Copyright: Іванчук А.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:
Іванчук А.В.

<https://orcid.org/0009-0007-9358-6678>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.45/632.95/633.88

Вміст залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів у ґрунті едафотопів складів отрутохімікатів Київської області

Караульна В.М. , Карпук Л.М. , Мацкевич В.В. ,
Філіпова Л.М. , Єзерковська Л.В. , Павліченко А.А. ,
Єзерковський А.В. , Тітаренко О.С. ,

Білоцерківський національний аграрний університет zemlerobstvo_@ukr.net

Караульна В.М., Карпук Л.М., Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Єзерковська Л.В., Павліченко А.А., Єзерковський А.В., Тітаренко О.С. Вміст залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів у ґрунті едафотопів складів отрутохімікатів Київської області. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 73–80.

Karaulna V., Karpuk L., Matskevych V., Filipova L., Yezerkovska L., Pavlichenko A., Yezerkovskiy A., Titarenko O. Residual amounts of organochlorine pesticides in the soil of edaphotopes near poisonous chemical warehouses in Kyiv region. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 73–80.

Рукопис отримано: 25.08.2025 р.

Прийнято: 09.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-73-80

Старі, недіючі склади пестицидів являють собою критичне джерело хімічного забруднення, створюючи тривалу загрозу для компонентів довкілля, особливо ґрунтів, поверхневих і підземних вод, а також для здоров'я населення. Незважаючи на міжнародну та національну заборону, хлорорганічні пестициди (ХОП), зокрема ДДТ (дихлордифенілтрихлоретан) та його метаболіти, продовжують існувати та мігрувати у ґрунтовому покриві через їхню надзвичайно високу стійкість, низьку розчинність у воді та здатність до біоаккумуляції. Це потребує постійного моніторингу та розробки ефективних методів ремедіації. Метою роботи було оцінити рівень та особливості забруднення ґрунтів і рослинного покриву стійкими ХОП, а також дослідити фітоіндикаційні та фітостабілізаційні властивості місцевої рослинності поблизу недіючих сховищ пестицидів. Дослідження проводили впродовж 2020–2024 рр. на території Ставищенського та Сквирського районів Київської області, де розташовані старі склади агрохімікатів. Встановлено, що вміст ДДТ та його метаболітів у ґрунті в зонах біля складів, перевищує встановлені гігієнічні нормативи (ГДК). Це підтверджує, що старі склади є потужним джерелом вторинного забруднення. Домінуючим компонентом забруднення є ДДЕ (дихлордифенілетилен) – ключовий, найбільш стійкий метаболіт ДДТ, частка якого становить до 70 % від загальної суми виявлених ХОП. Висока частка ДДЕ вказує на значну давність забруднення та інтенсивні процеси його біодеградації (дехлорування) у ґрунті. Ботанічне різноманіття демонструє чітку залежність, збільшуючись з віддаленням від безпосередньої зони складу. Найбільшу стійкість до умов хронічного хімічного стресу виявили представники родин айстрових (Asteraceae) та злакових (Poaceae), що свідчить про їхню високу толерантність. Виявлено низку видів-аккумуляторів, які здатні активно накопичувати ХОП у своїй біомасі. Зокрема, полин гіркий (*Artemisia absinthium*) та кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale*) показали значні концентрації токсикантів. Це вказує на їхній потенціал як фітостабілізаторів, здатних локалізувати забруднення і запобігати його подальшому поширенню.

Ключові слова: хлорорганічні пестициди, забруднення ґрунту, склади отрутохімікатів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Екологи зазначають, що однією з найгостріших проблем забруднення довкілля пестицидами є старі склади отрутохімікатів. Ці об'єкти та прилеглі до них території є потужним джерелом викидів токсичних речовин, зокрема стійких органічних забруднювачів, до яких належать і хлорорганічні пестициди. На сьогодні в Україні, за різними оцінками, зберігається від 15 до 25 тис. тонн непридатних пестицидів [1–5].

Хоча використання ДДТ (дихлордифенілтрихлоретан) і ГХЦГ (гексахлорциклогексан) в Україні заборонено, ці стійкі хлорорганічні пестициди (ХОП) продовжують забруднювати довкілля. Через їхню високу стабільність вони здатні накопичуватися в природі, становлячи загрозу. Тому у 2001 р. Україна приєдналася до Стокгольмської конвенції, яка зобов'язує знищити запаси та заборонити виробництво і використання стійких органічних забруднювачів (СОЗ). До цієї групи, крім інших шкідливих речовин, належать і ХОП. СОЗ вважаються одними з найнебезпечніших забруднювачів у світі, оскільки вони здатні накопичуватися в організмі (період напіввиведення становить 5–15 років) та становлять високу токсикологічну загрозу для тварин і людини на генетичному рівні [1, 2].

Стійкість хлорорганічних пестицидів дозволяє їм вільно мігрувати в довкіллі: вони проникають у ґрунт, воду та повітря. Через здатність до біоконцентрації, ці токсини накопичуються в харчових ланцюгах, становлячи загрозу для людини. У зв'язку з цим, оцінка рівня забруднення ґрунтів залишками пестицидів є надзвичайно актуальним завданням [5–15].

Тому метою досліджень було визначення та моніторинг об'єктів забруднення навколишнього середовища стійкими ХОП, що є актуальним і пріоритетним завданням екологів всього світу та в Україні зокрема.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2020–2024 рр. на територіях навколо недіючих складів отрутохімікатів та на сільськогосподарських угіддях, що розміщені навколо недіючих складів отрутохімікатів, які розташовані в межах господарств ТОВ «Інтерагроінвест» Ставищенського району та ТЗДВ «Шамраївський цукровий завод» Сквирського району Київської області.

Відбір зразків ґрунту здійснювали способом одинарного конверту у 4-х напрямках (південний, північний, східний та західний) на відстані 1, 5, 15, 25 та 50 м від недіючого

складу мінеральних добрив та отрутохімікатів, а також – 150 м у східному напрямі (контроль) відповідно до [15]. Глибина відбору зразків – пошарова (0 – 20; 20 – 40 см).

Для визначення залишкових кількостей хлорорганічних інсектицидів (ДДТ та його метаболітів ДДД і ДДЕ) використовували метод газорідинної хроматографії. Аналіз проводили на хроматографі «Кристалл 2000», оснащеному детектором із захоплення електронів та скляною колонкою (1 м х 3 мм), заповненою носієм хроматон N-AW DMCS (0,16–0,20 мм) з нерухомою фазою ХЕ-60 (5 %). Як газ-носіє використовували азот марки «осч». Параметри аналізу: температура колонки 160 °С, температура випарника 230 °С, температура детектора 260 °С. Зразки ґрунту для аналізу попередньо висушили на повітрі, просіяли через сито з отворами 1 мм та очистили від рослинних решток і коренів. Екстракцію пестицидів проводили ацетоном. Далі екстракт перерозподіляли в гексан і очищали від домішок концентрованою сірчаною кислотою. Кожен аналіз проводили у трьох повторностях, а отримані результати представляли як середнє арифметичне.

З метою виявлення найбільш забруднених санітарно-захисних зон складів отрутохімікатів Ставищенського району, було відібрано зразки ґрунту на відстані 5–15 м від складу методом румбічної сітки із шару ґрунту 0–20 см [20].

Результати дослідження та обговорення. Аналізуючи вміст залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів у ґрунті едафотопів складів отрутохімікатів Ставищенського та Сквирського районів, слід зазначити що через тривале зберігання ДДТ на сільськогосподарських складах, ґрунт у їхніх санітарно-захисних зонах накопичив значну кількість цього пестициду. ДДТ мігрує з водою та рослинами, створюючи небезпеку для здоров'я людей і тварин.

Дослідження проводили на зразках ґрунту, відібраних саме з цих санітарно-захисних зон, розмір яких залежить від місткості складу. Наприклад, для складів на 500 т зона становить 1000 м, для складів до 50 т – 300 м.

Хлорорганічні пестициди знайдено в усіх зразках ґрунту. Вміст суми ізомерів та метаболітів ДДТ коливається від 2,90 мг/кг ґрунту (с. Журавлиха) до 30,38 мг/кг (с. Торчиця), що перевищує встановлені гігієнічні нормативи в 29–304 рази відповідно. Зважаючи на давність забруднення стійкий метаболіт ДДЕ становить основну (до 70 %) частку у загальній кількості знайдених полютантів. Виявле-

но неметаболізований 4,4'-ДДТ, що свідчить про значний токсичний вплив ХОП на мікробіологічну активність ґрунту, пригнічення мікроорганізмів - деструкторів пестицидів.

У всіх досліджуваних зразках ґрунту виявлено залишки хлорорганічних пестицидів. Сумарний вміст ДДТ та його метаболітів коливається в межах від 2,2 мг/кг ґрунту (с. Великі Єрчики) до 14,47 мг/кг (с. Шамраївка), ці показники значно перевищують гранично допустимі концентрації, у 22–145 разів. Основну частку із загальної кількості виявлених поліутантів займає ДДЕ (дихлордифеніл-дихлоретилен) (59 %), що вказує на давність забруднення.

Тривале надходження пестицидів в організм людини (через їжу) або тварини (з кормами) призводить до їх біоаккумуляції. Це, своєю чергою, спричиняє негативні наслідки для функціональних систем організму.

Детоксикація відбувається через метаболічне перетворення ксенобіотиків на більш рухливі сполуки, які легше виводяться. Однак, елімінація токсинів, включаючи метаболіти пестицидів, є тривалим процесом, її

інтенсивність прямо залежить від ступеня токсичного навантаження.

Рівень пестицидів у молоці теплокровних, особливо у коров'ячому, є ефективним біомаркером для оцінки токсичного навантаження пестицидами у певному регіоні [10].

З метою дослідження процесів міграції стійких хлорорганічних сполук у системі ґрунт – рослина проведено відбір зразків ди-корослих рослин, найбільш придатних до фітоекстракції ХОП із забрудненого ґрунту та сільськогосподарських рослин, вирощених на сільськогосподарських угіддях, що розташовані в межах санітарно-захисної зони складу отрутохімікатів с Торчиця Ставищенського району Київської області, де попередніми дослідженнями встановлено максимальне забруднення на рівні 304 ГДК.

У межах дослідних ділянок було проаналізовано ботанічну структуру по родинях. Результати досліджень наведено на рисунках 1–3. На відстані до 1 м рослинність була представлена лише трьома родинами айстрових – 74 % різноманіття, злакових – 17 % та капустяних – 9 %.

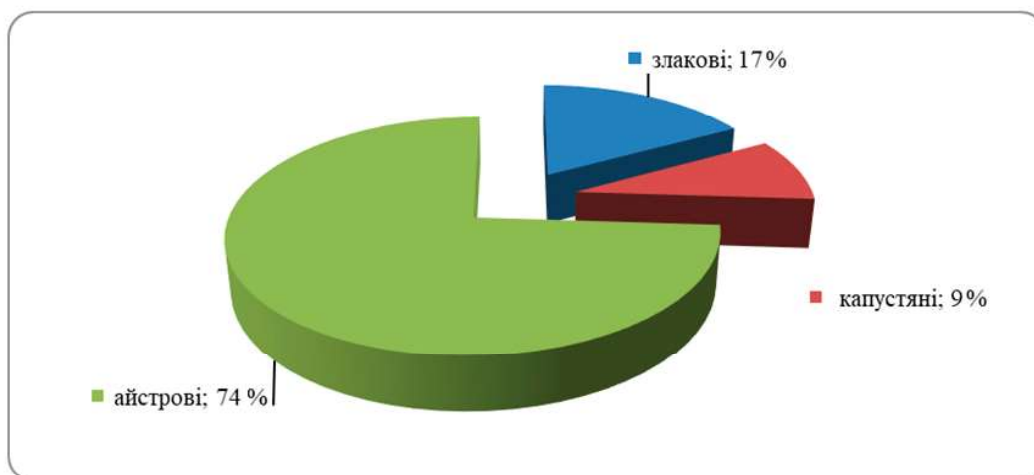


Рис. 1. Ботанічна структура рослинності на відстані 0–1 м від складу.

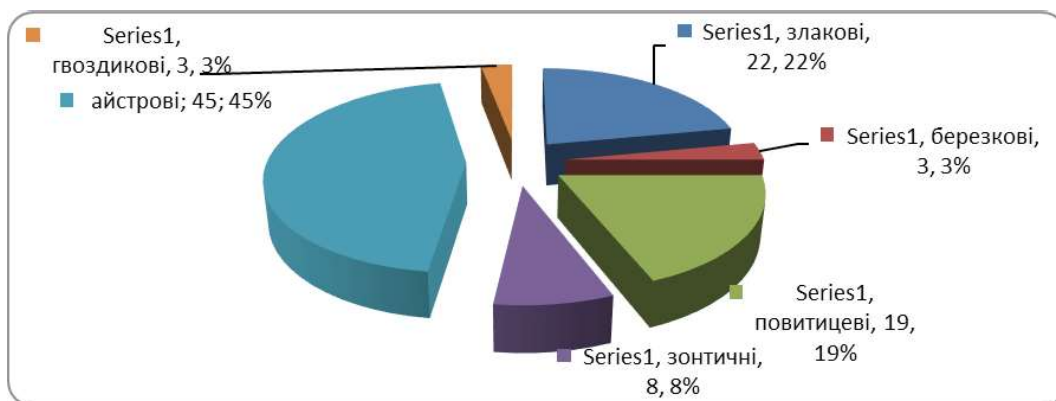


Рис. 2. Ботанічна структура рослинності на відстані 5–10 м від складу.

Із віддаленням від складів отрутохімікатів на 5–10 м було ідентифіковано у межах 3 % від загальної кількості гвоздикових та березкових. Загалом на цій відстані виявлено 6 родин. Домінуючими залишалися айстрові та злакові. На їх частку припадає 67 % від загальної чисельності.

У межах 15–25 м від складу ботанічне різноманіття зросло до 10 родин. Проте, найбільше залишалися рослин айстрових та злакових. Лише 2 % займали подорожникові.

На відстані 25–50 м було ідентифіковано 16 родин. На частку айстрових припадало 34 % від загальної чисельності рослин. Злакові посідали друге місце і їх кількість становила 12 %. Гречкові, капустяні, бобові та зонтичні були у межах 6 %.

Не перетнули поділки 3 % хвощові, губоцвіті, геранієві, гвоздикові, пасльонові, бальзамінові, кропивні, берізові та маренові.

Для дослідження процесів накопичення ХОП дикорослими рослинами з санітарно-захисних зон складу отрутохімікатів (Ставищенського району с. Торчиця) на відстані 5 м від складу відібрано дикорослі види рослин, толерантні до наявності гербіцидів у ґрунті та здатні до біонакопичення хлорорганічних пестицидів. Проведено визначення залишкових кількостей ХОП у тканинах рослин та ризосферному ґрунті (табл. 1).

Встановлено, що найбільш інтенсивно накопичують хлорорганічні пестициди представники родини Айстрових: полин гіркий, кульбаба лікарська, деревій звичайний, дещо поступаються їм види злакових культур.

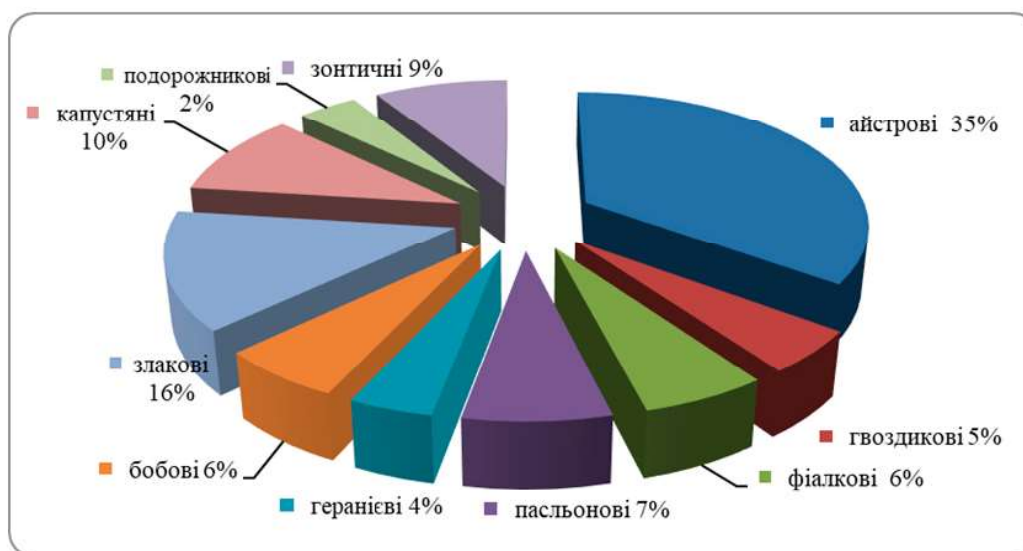


Рис. 3. Ботанічна структура рослинності на відстані 15–25 м від складу.

Таблиця 1 – Вміст хлорорганічних пестицидів у рослинах

Вид рослини	Вміст суми ізомерів та метаболітів ДДТ, мкг/кг		
	у ризосферному ґрунті	у рослинах	Коефіцієнти накопичення, %
Полин гіркий	3562,6± 231,2	534,1±17,1	14,9
Кульбаба лікарська	2763,0± 25,4	324,7±19,8	11,7
Деревій звичайний	322,5±1,4	211,7±3,5	6,5
Полин звичайний	1834,9± 145,2	187,5±6,7	10,2
Пирій повзучий	1567,0± 22,7	97,3±1,5	6,2
Кунічний наземний	935,4±2,6	83,2±0,7	8,8
Тонконіг лучний	756,6± 5,2	76,3±4,6	10,0

Слід зазначити, що більшість представлених видів – багаторічні рослини, здатні рости в умовах фітотоксичності ґрунту і накопичувати ДДТ та його метаболіти у значних кількостях у тканинах коренів [13, 16]. Це свідчить про можливість застосування цих видів як фітостабілізаторів СОЗ у ґрунті для запобігання міграції токсикантів у суміжні середовища.

Грубим порушенням санітарних вимог є недотримання меж захисних зон навколо складів отрутохімікатів. Дуже часто санітарно-захисні зони вводять у загальне сільськогосподарське землекористування без попереднього обстеження, що становить небезпеку забруднення сільськогосподарської продукції стійкими токсикантами, зокрема ХОП.

Зважаючи на значне забруднення ґрунтів досліджуваних територій залишками пестицидів, їх здатність до міграції та накопичення токсикантів у ланцюгу ґрунт – рослина, здійснено визначення вмісту залишкових кількостей пестицидів у зразках сільськогосподарських рослин, вирощених на ґрун-

тах, які забруднені стійкими органічними забруднювачами [20].

Дослідження проводили у господарстві ТОВ «Інтерагроінвест», філія Торчиця Ставищенського району, де попередніми дослідженнями встановлено забруднення ґрунту на рівні 304 ГДК. Досліджувані об'єкти: люцерна, пшениця озима, буряки цукрові, кукурудза на зерно, ячмінь ярий. Рослини відбирали на відстані 15–25 м від джерела забруднення. Результати досліджень наведено у таблиці 2.

Вміст суми ізомерів і метаболітів ДДТ у біомасі люцерни та коренеплодах буряків цукрових, які вирощували на прилеглих до недіючих складів отрутохімікатів сільськогосподарських угіддях, перевищує гранично допустимі концентрації в 1,7 та 3,7 рази відповідно. У зерні пшениці озимої, кукурудзи та ячменю ярого виявлено незначні концентрації (0,0031–0,0058 мг/кг), що зумовлено досить слабкою здатністю до накопичення хлорорганічних пестицидів зерновими культурами.

Таблиця 2 – Вміст залишкових кількостей ДДТ у сільськогосподарських культурах, мг/кг

Населений пункт	Роки досліджень	Культура	Пестицид	Вміст, мг/кг	МДР, мг/кг	Контроль, мг/кг (понад 300 м від складу)
с. Торчиця	2020	Люцерна	4,4'	0,034	0,05	0,0062
			4,4'	0,022		н.в.
			4,4'	0,028		н.в.
			Σ	0,084		0,0062
	2021	Пшениця озима (зерно)	4,4'	0,0039	0,02	н.в.
			4,4'	н.в.		н.в.
			4,4'	н.в.		н.в.
			Σ	0,0039		н.в.
	2022	Буряки цукрові (коренеплоди)	4,4'	0,15	0,1	0,048
			4,4'	0,10		н.в.
			4,4'	0,12		н.в.
			Σ	0,37		0,048
	2023	Кукурудза (зерно)	4,4'	0,0058	0,02	н.в.
			4,4'	н.в.		н.в.
			4,4'	н.в.		н.в.
			Σ	0,0058		н.в.
	2024	Ячмінь ярий (зерно)	4,4'	0,0031	0,02	н.в.
			4,4'	н.в.		н.в.
			4,4'	н.в.		н.в.
			Σ	0,0031		н.в.

Примітка: н.в. – не виявлено.

Висновок. Встановлено, що із віддаленням від складів різноманітність рослин збільшується, кількість класів зростає. Водночас слід зазначити, що айстрові та злакові є найбільш стійкими до отрутохімікатів, зокрема до хлорорганічних сполук.

Отже, проаналізувавши отримані результати досліджень, можна стверджувати, що недіючі склади отрутохімікатів є потужними джерелами забруднення довкілля, особливо ґрунтів сільськогосподарського призначення, сільськогосподарських рослин, що вирощують в безпосередній близькості від складів. Через надходження ксенобіотиків до трофічних ланцюгів виникає велика загроза здоров'ю людини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпук Л.М., Караульна В.М. Стан зберігання та знешкодження непридатних пестицидів на території Ставищенського району Київської області. The development of nature sciences: problems and solutions: the international research and practical conference. Brno, Czech Republic, 2018. P. 74–76.
2. Карпук Л.М., Караульна В.М. Утилізація забрудненої ДДТ фітомаси за анаеробних умов. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28. С. 92–96.
3. Karpuk L.M., Krykunova O.V. Assessment of soil and soil trophic chains contamination by persistent organic pollutants. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. 8(2). P. 42–53. DOI: 10.15421/2018_308.
4. Karaulna V.M., Prymak I.D. Migration of stable organic soil contaminants in a link of trophic chains. Eurasian Journal of Analytical Chemistry. 2018. 13(4). emEJAC040532018. P. 662–671.
5. Grabovska T.O. Effect of organic farming on insect diversity. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. 10(3). P. 96–101. DOI: 10.15421/2020_174
6. Moklyachuk L. Preliminary assessment potential for phytoremediation in Ukraine. Phytotechnologies to promote sustainable land use and improve food safety: 1st Scientific Workshop COST. Pisa, Italy, 2005. Action 859. P. 180–181.
7. Moklyachuk L.I., Palyka V.P., Kulakow P.A., Sorochinsky B.V. Phytotechnologies for management of radionuclide and obsolete pesticide contaminated soil in Ukraine. 3rd International Phytotechnologies Conference. Atlanta, Georgia, USA, 2005. P. 31–32.
8. Brownfields Technology Primer: Selecting and Using Phytoremediation for Site Cleanup, EPA 542-R-01-006. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office. 2001. URL: <http://www.brownfieldstsc.org>
9. Слободенюк О.А. Накопичення хлорорганічних пестицидів рослинами родини гарбузових з дерново-підзолистого ґрунту. 36. наук. пр. Київ: ННЦ ІЗ УААН, 2007. Вип. 1. С. 66–71.
10. Мерзлов С.В. Вміст 4,4 дихлордифенілтрихлоретану та його похідних у молоці корів

Скви́рського району у залежності від його хімічного складу та пори року. Науковий вісник НЛТУ. 2015. № 25.8. С. 143–147.

11. Моклячук О. Модель екологічного ризику забруднення ґрунтів стійкими хлорорганічними пестицидами. Тези міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві». 2013. С. 115–117.

12. Моклячук Л.І. Моніторинг ботанічної структури та вмісту ДДТ у ґрунті на території хіміскладів Ставищенського району Київської області. Науковий вісник НЛТУ. 2015. № 25.6. С. 143–147.

13. Склади по зберігання непридатних пестицидів (карту Скви́рського району взято з електронного ресурсу). URL: <http://meget.kiev.ua/karti/karta-oblasti/skvirskiy-rayon>

14. ДСТУ ISO 10382:2004. Якість ґрунту. Визначення хлорорганічних пестицидів та поліхлордифенілів. Газово-хроматографічний метод з детектуванням захопленням електронів. [Чинний від 01.05.06]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 13 с.

15. Лоханська В.Й. Вивчення забруднення агроценозів пестицидами. Наукові доповіді НАУ. 2008. № 2 (10). URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/nd/2008-2/08lvioap.pdf>.

16. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/>

17. Ліщук А.М. Екотоксикологічна оцінка асортименту пестицидів у господарствах Ставищенського району Київської області. Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві». Київ, 2013. С. 102–105.

18. Мельничук С.Д. Склади непридатних пестицидів – потенційне джерело забруднення продуктів харчування тваринного походження. Науковий вісник НАУ. 2006. № 102. С. 217–223. 2007. № 1. С. 45–47.

19. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0137588-01#Text>

20. «Скажемо «ні» забрудненню ґрунтів!» (n.d.). Agroelita.info. URL: <https://agroelita.info/skazhemo-ni-zabrudnennnyu-gruntiv/>

REFERENCES

1. Karpuk, L.M., Karaulna, V.M. (2018). Stan zberihannia ta zneshkodzhennia neprydatnykh pestytsydiv na terytorii Stavyschenskoho raionu Kyivskoi oblasti [The state of storage and disposal of unsuitable pesticides in the Stavyshche district of Kyiv region]. The development of nature sciences:

problems and solutions: the international research and practical conference. Brno, Czech Republic, pp. 74–76.

2. Karpuk, L.M., Karaulna, V.M. (2018). Utylizatsiia zabrudnenoї DDT fitomasy za anaerobnykh umov [Utilization of DDT-contaminated phytomass under anaerobic conditions]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 28, pp. 92–96.

3. Karpuk, L.M., Krykunova, O.V. (2018). Assessment of soil and soil trophic chains contamination by persistent organic pollutants. *Ukrainian Journal of Ecology*. no. 8(2), pp. 42–53.

4. Karaulna, V.M., Prymak, I.D. (2018). Migration of stable organic soil contaminants in a link of trophic chains. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. no. 13(4), pp. 662–671.

5. Grabovska, T.O. (2020). Effect of organic farming on insect diversity. *Ukrainian Journal of Ecology*. no. 10(3), pp. 96–101.

6. Moklyachuk, L. (2005). Preliminary assessment potential for phytoremediation in Ukraine. *Phytotechnologies to promote sustainable land use and improve food safety: 1st Scientific Workshop COST*. Pisa, Italy, Action 859, pp. 180–181.

7. Moklyachuk, L.I., Patyka, V.P., Kulakow, P.A., Sorochinsky, B.V. (2005). Phytotechnologies for management of radionuclide and obsolete pesticide contaminated soil in Ukraine. 3rd International Phytotechnologies Conference. Atlanta, Georgia, USA, pp. 31–32.

8. *Brownfields Technology Primer: Selecting and Using Phytoremediation for Site Cleanup*, EPA 542-R-01-006. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office. 2001. Available at: <http://www.brownfieldstsc.org>.

9. Slobodeniuk, O.A., Moklyachuk, L.I., Andriienko, H.H. (2007). Nakopychennia khloroorganichnykh pestytsydiv roslynam rodyny harbuzovykh z derno-podzolytoho hruntu [Accumulation of organochlorine pesticides by plants of the pumpkin family from sod-podzolic soil]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTS IZ UAAN* [Collection of scientific works of the SSC IZ UAAN]. Issue 1, pp. 66–71.

10. Merzlov, S.V., Karaulna, V.M. (2015). Vmist 4,4 dykhlordyfeniltrykhloretanu ta yoho pokhidnykh u molotsi koriv Skvyrskoho raionu u zalezhnosti vid yoho khimichnoho skladu ta pory roku [The content of 4,4 dichlorodiphenyltrichloroethane and its derivatives in the milk of cows of the Skvyra district depending on its chemical composition and season]. *Naukovyi visnyk NLTU* [Scientific Bulletin of NLTU]. no. 25.8, pp. 143–147.

11. Moklyachuk, O., Moklyachuk, T., Monarkh, V. (2013). Model ekolohichnoho ryzyku zabrudnennia hruntiv stiikymy khloroorganichnymy pestytsydami [Model of ecological risk of soil contamination with persistent organochlorine pesticides]. *Tezy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannia v ahropromyslovomu vyrobnytstvi»*

[Abstracts of the international scientific and practical conference "Ecological safety and balanced nature management in agricultural production"]. pp. 115–117.

12. Moklyachuk, L.I. (2015). Monitorynh botanichnoi struktury ta vmstu DDT u hrunti na terytorii khimskladiv Stavyshchenskoho raionu Kyivskoi oblasti [Monitoring of the botanical structure and DDT content in the soil on the territory of chemical warehouses in the Stavyshche district of Kyiv region]. *Naukovyi visnyk NLTU* [Scientific Bulletin of NLTU]. no. 25.6, pp. 143–147.

13. Sklady po zberihanniu neprydatnykh pestytsydiv [Warehouses for storing unsuitable pesticides]. Available at: <http://meget.kiev.ua/karti/karta-oblasti/skvirskiy-rayon>.

14. DSTU ISO 10382:2004. Yakist hruntu. Vyznachennia khloroorganichnykh pestytsydiv ta polikhlordeniliv [Soil quality. Determination of organochlorine pesticides and polychlorophenyls]. Chynnyj vid 01.05.06. [Effective from 01.05.06]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2004, 13 p.

15. Lokhanska, V.Y. (2008). Vyvchennia zabrudnennia ahrotsenoziv pestytsydami [Study of pesticide contamination of agroecosystems]. *Naukovi dopovidi NAU* [Scientific reports of NAU]. no. 2(10). Available at: <http://www.nbuv.gov.ua/e-Journals/nd/2008-2/08lvioap.pdf>.

16. Derzhavnyi reistr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [State register of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. Available at: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-ahrohimikativ-dozvolenykh-do-vykorystannya-v-ukrayini/>.

17. Lishchuk, A.M. (2013). Ekotoksykologichna otsinka asortymentu pestytsydiv u hospodarstvakh Stavyshchenskoho raionu Kyivskoi oblasti [Ecotoxicological assessment of the range of pesticides in farms of the Stavyshche district of Kyiv region]. *Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannia v ahropromyslovomu vyrobnytstvi»* [International scientific and practical conference "Ecological safety and balanced nature management in agricultural production"]. Kyiv, pp. 102–105.

18. Melnychuk, S.D. (2006). Sklady neprydatnykh pestytsydiv – potentsiine dzherelo zabrudnennia produktiv kharchuvannia tvarynnoho pokhodzhennia [Warehouses of unsuitable pesticides as a potential source of contamination of food products of animal origin]. *Naukovyi visnyk NAU* [Scientific Bulletin of NAU]. no. 102, pp. 217–223.

19. Dopustymi dozy, kontsentratsii, kilkosti ta rivni vmstu pestytsydiv u silskohospodarskii syrovyni [Permissible doses, concentrations, quantities and levels of pesticides in agricultural raw materials]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0137588-01#Text>.

20. "Skazhemo «ni» zabrudnenniu hruntiv!" (n.d.). Agroelita.info. Available at: <https://agroelita.info/skazhemo-ni-zabrudnenniu-gruntiv/>

Residual amounts of organochlorine pesticides in the soil of edaphotopes near poisonous chemical warehouses in Kyiv region**Karaulna V., Karpuk L., Matskevych V., Filipova L., Yezerkovska L., Pavlichenko A., Yezerkovskiy A., Titarenko O.**

Old, inactive pesticide storage facilities are a critical source of chemical pollution, posing a long-term threat to environmental components, especially soils, surface and groundwater, as well as for public health. Despite international and national bans, organochlorine pesticides (OCPs), in particular DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane) and its metabolites, continue to exist and migrate in the soil cover due to their extremely high persistence, low water solubility, and bioaccumulation capacity. This requires constant monitoring and development of effective remediation methods. The aim of the study was to assess the level and characteristics of soil and vegetation contamination with persistent OCPs, as well as to investigate the phytoremediation and phytostabilization properties of local vegetation near inactive pesticide storage facilities. The research was conducted in 2020–2024 in Stavyshe and Skvyra districts of Kyiv region, where old agrochemical storage facilities are located. It has been established

that the content of DDT and its metabolites in the soil in the areas near the warehouses exceeds the established hygienic standards (MPC). This confirms that old warehouses are a powerful source of secondary pollution. The dominant component of pollution is DDE (dichlorodiphenylethylene) – the key, most persistent metabolite of DDT, the share of which is up to 70 % of the total amount of detected POPs. The high proportion of DDE indicates a significant antiquity of pollution and intensive processes of its biodegradation (dechlorination) in the soil. Botanical diversity demonstrates a clear dependence, increasing with distance from the immediate area of the warehouse. The greatest resistance to conditions of chronic chemical stress was demonstrated by representatives of the Asteraceae and Poaceae families, which indicates their high tolerance. A number of accumulator species were identified that are able to actively accumulate POPs in their biomass. In particular, wormwood (*Artemisia absinthium*) and dandelion (*Taraxacum officinale*) showed significant concentrations of toxicants, indicating their potential as phytostabilizers capable of localizing pollution and preventing its further spread.

Key words: organochlorine pesticides, soil contamination, pesticide warehouses.



Copyright: Караульна В.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**ORCID iD:**

Караульна В.М.	https://orcid.org/0000-0002-9141-9880
Карпук Л.М.	https://orcid.org/0000-0002-5860-5286
Мацкевич В.В.	https://orcid.org/0000-0002-9314-8033
Філіпова Л.М.	https://orcid.org/0000-0002-7447-5418
Єзерковська Л.В.	https://orcid.org/0000-0002-6644-120X
Павліченко А.А.	https://orcid.org/0000-0002-4795-5643
Тітаренко О.С.	https://orcid.org/0000-0002-0631-3353

АГРОНОМІЯ

УДК 632: 633.16: 581.5

**Ефективність застосування біопрепаратів
за вирощування органічної продукції гречки****Карпук Л.М. , Федорченко Я.О.***Білоцерківський національний аграрний університет*

Карпук Л.М., Федорченко Я.О. Ефективність застосування біопрепаратів за вирощування органічної продукції гречки. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 81–87.

Karpuk L., Fedorchenko Ya. Efficiency of biopreparations application in organic buckwheat production. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 81–87.

Рукопис отримано: 22.08.2025 р.

Прийнято: 08.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-81-87

Гречка є високорентабельною та стратегічно важливою культурою в Україні, а її вирощування за органічного виробництва набуває особливої актуальності через глобальний та внутрішній тренд на здорове харчування. Органічна гречка, вирощена без застосування синтетичних пестицидів та мінеральних добрив, має вищу ринкову ціну та кращі експортні перспективи, що робить її привабливою для сільгоспвиробників.

У нашій державі наразі існує дефіцит науково обґрунтованих досліджень та чинних рекомендацій щодо оптимізації технології вирощування гречки в системі органічного землеробства, зокрема в умовах Правобережного Лісостепу України. Метою роботи було визначення ефективності застосування біопрепаратів та регуляторів росту (зокрема, Біокомплекс–БТУ, Гумат калію, Гумісол) (продукти є дозволені до використання в органічному виробництві згідно з вимогами законодавства України у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції; Регламентом Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 2018/848 від 30 травня 2018 р. та Імплементативним Регламентом Комісії (ЄС) № 2021/1165 від 15 липня 2021 р.) для підвищення врожайності та поліпшення якісних показників зерна гречки трьох сортів: Антарія, Син-3/02 та Ярославна. Дослідження виконували на базі ПСП ім. Т.Г. Шевченка в с. Тростинка, Васильківського району Київської області. Ґрунт дослідної ділянки представлений чорноземом типовим вилугуваним, середньої глибини, низької вологості, грубопилуватолегкосуглинковим на карбонатному лесі. Встановлено, що включення біопрепаратів в агротехнологію забезпечує значний приріст урожайності порівняно з контролем. Найвищу ефективність продемонструвала комплексна обробка (насіння + вегетація) Гуматом калію. У цьому варіанті максимальну врожайність зафіксували у сорту Син-3/02 (2,30 т/га), що становило приріст 0,41 т/га порівняно з контролем. Застосування Гумату калію також забезпечило максимальне підвищення якісних показників: вміст сирого протеїну в зерні зріс до 14,68 % у досліджуваних сортів, що на 4,86 % більше порівняно з контролем. Визначено, що біологізація агротехнології є ключовим чинником для підвищення продуктивності органічної гречки та істотного поліпшення її харчової цінності, що є критично важливим для забезпечення конкурентоспроможності української органічної продукції.

Ключові слова: органічне виробництво, гречка, біопрепарати, сирій протеїн, врожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Питання чистого довкілля та здорового способу життя сьогодні є надзвичайно актуальними для суспільства. На жаль, сільськогосподарські екосистеми щороку мають негативні наслідки за інтенсивних технологічних втручань, таких як хімічна обробка, механічна обробка ґрунту. Не менш важливим є вплив зовнішніх екологічних чинників, зокрема структури агроландшафту. Польові захисні лісосмуги та екотони (перехідні зони між різними біотопами) відіграють значну роль у підтримці екологічної рівноваги. Однак, у зв'язку з погіршенням екологічної ситуації та деградацією ґрунтових покривів, виникає нагальна потреба в біологізації сільськогосподарського виробництва [1, 7, 16]. Саме тому впровадження системи органічного землеробства стає ключовим рішенням. Цей підхід значно краще відповідає інтересам суспільства, оскільки дозволяє не лише виробляти безпечну продукцію, а й не порушує біологічної рівноваги в землеробстві, сприяючи збереженню природних ресурсів для майбутніх поколінь [17–19].

Досить актуальною культурою за впровадження органічного виробництва є гречка, оскільки останніми роками у зв'язку з високою ціною на гречану крупу і, відповідно, на зерно гречка стала високопродуктивною культурою [2]. На сьогодні Україна – світовий лідер у вирощуванні органічної гречки. Водночас ця культура є хорошим попередником в сівозміні [8, 10, 20]. Проте деякі технологічні показники щодо живлення та сортових особливостей культури вивчені недостатньо.

В Україні ряд науковців займаються дослідженнями щодо удосконалення технологій вирощування гречки за органічного виробництва, за особливого інтересу до органічного землеробства, зокрема у вирощуванні гречки [9]. Сучасні агротехнології, що поєднують вирощування нових сортів із застосуванням біопрепаратів та біодобрив, допомагають досягати високих врожаїв. П'ятирічні дослідження (2018–2022 рр.) в Інституті сільськогосподарства Степу НААН були спрямовані на вивчення біотехнологій і оптимізацію систем удобрення для отримання максимальної врожайності гречки та економічної ефективності в умовах Північного Степу. Авторами відмічено, застосування біопрепаратів сприяло значному приросту врожаю до 37,7 % за мінеральної системи з біопрепаратом і до 49,1 % за органо-мінеральної системи з інокуляцією насіння [4, 6, 13]. Дослідження показали, що для сорту гречки Антарія

в природно-кліматичних умовах Полісся найбільш сприятливі умови для повної реалізації його врожайного потенціалу створюються за умови одночасного застосування стимулятора росту рослин та мікродобрива. Зокрема, дворазове обприскування посівів по листу – на ранніх етапах розвитку (ВВСН 12-15) та під час цвітіння/формування плодів (ВВСН 55-59) – препаратами «Вимпел 2» (біостимулятор) та «Оракул коло ферминбору» (хелатне борне мікродобриво) привело до отримання найбільшої врожайності зерна. Цей показник сягнув 1,59 т з гектара. Комплексне використання цих препаратів також позитивно позначилося на якості врожаю: маса 1000 насінин зросла на 5,5 %, а натура зерна – на 7,6 % порівняно з необробленими рослинами. За такої обробки параметри вирівняності насіння становили 74,3 %, а його плівчастість – 21,9 % [11].

Водночас, сучасне сільське господарство прагне до сталого розвитку, де ключовим елементом є екологізація землеробства. Це означає, що за розробки нових технологій та систем землеробства, необхідно враховувати не лише економічні показники, а й вплив на довкілля [5]. Гречка є цінним медоносом. Її також можна використовувати як культуру для сидерального добрива та як меліорант [10, 12].

Через нестабільність клімату, ННЦ «Інститут землеробства НААН» працює над створенням нового покоління сортів гречки. Головна мета – підвищити врожайність та стійкість до несприятливих погодних умов, зокрема ґрунтової та повітряної посухи. Тому пріоритетом є розробка ранньостиглих сортів, які встигають дати врожай до настання стресових умов [3, 14]. Гречка, як медоносна та харчова культура, дозволяє мінімізувати використання пестицидів, що робить її ідеальною для органічного землеробства і виробництва екологічно чистої продукції [15].

Тому метою досліджень було удосконалення технології вирощування гречки для виробництва органічної продукції на основі збереження та відтворення родючості ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на базі ПСП ім. Т.Г. Шевченка с. Тростинка, Васильківського району Київської області. Схемою досліду було передбачено вивчення сортів та біопрепаратів. Фактор А. Сорти: Антарія (ср), Син-3/02 (сс), Ярославна (рс). Фактор В. Біопрепарати: Без допоміжних продуктів (контроль), Біокомплекс–БТУ,

Гумат калію, Гумісол. Усі допоміжні продукти, які було досліджено, відповідають вимогам щодо ведення органічного виробництва та внесені до переліку дозволених [21].

Ґрунт дослідної ділянки представлений чорноземом типовим вилугуваним, середньої глибини, низької вологості, грубопилювато-легкосуглинковим на карбонатному лесі. За агрохімічними властивостями ґрунт містить 3,3 % органічної речовини, 90–120 мг/кг легкогідролізованого азоту. Нітрати (NO_3) – 22,6–41,3 мг/кг. Фосфор (P) – 46–85 мг/кг, Сірка (S) – 14–17 мг/кг, Калій (K) – 99–104 мг/кг. рН (1:1) ґрунту – 6,0–6,2, Цинк (Zn) – 0,30–0,42 мг/кг, Залізо (Fe) – 55,5 мг/кг, Манган (Mn) – 19,7 мг/кг, Мідь (Cu) – 0,75 мг/кг. Сума катіонів, мг-екв/100 г – 17,1–21,7. Метод і спосіб відбору зразків: автоматичним пробовідбирником AgriSoilSampler з використанням GPS, шар ґрунту – 0–30 см. Вимірювання проведено: WARD, Laboratories, Inc., США.

Результати дослідження та обговорення. Досліджувані сорти позитивно реагують на застосування біопрепаратів та регуляторів росту, показуючи приріст врожайності у всіх варіантах обробки порівняно з контролем. Сорт Син-3/02 не лише має найвищу базову врожайність, а також демонструє найбільший абсолютний приріст врожайності від обробки (0,41 т/га), що свідчить про його високу чутливість до агротехнічних прийомів (табл. 1). Дещо нижчі показники врожайності отримали за вирощування сорту Ярославна (1,56–1,90 т/га), що пов'язано з біологічними особливостями сорту. У сор-

ту Антарія врожайність була в межах 1,71–2,08 т/га.

На основі представлених даних, можна чітко простежити позитивну дію біопрепаратів (Біокомплекс–БТУ, Гумат калію, Гумісол) на врожайність гречки. Саме біопрепарати дозволяють реалізувати більший генетичний потенціал кожного сорту.

Найбільш виражений позитивний ефект належить Гумату калію, який, ймовірно, найсильніше стимулює ростові процеси та засвоєння поживних речовин гречкою.

Позитивна дія біопрепаратів максимальна, коли їх застосовують комплексно. Для всіх трьох сортів цей спосіб обробки (особливо Гуматом калію) забезпечив найвищу врожайність. Це свідчить, що позитивна дія починається з етапу проростання (захист і стимуляція насіння) і продовжується на етапі активного росту рослин (стимуляція вегетативної маси та репродуктивних органів).

Застосування Гумату калію (обробка насіння + вегетація) обумовило підвищення врожайності від 0,34 до 0,41 т/га, порівняно з контрольними варіантами.

Вміст сирого білка для всіх досліджуваних варіантів становив у межах 13,0–13,88 % в період проведення досліджень (рис. 1). Обробка, здебільшого, приводить до збільшення вмісту білка, порівняно з контролем (без обробки ДП). За комплексного застосування (насіння + вегетація) Гумату калію отримали максимальні показники вмісту сирого білка для сортів Син-3/02 (13,88 %) та Ярославна (13,78 %), для Антарії (13,68 %).

Таблиця 1 – Врожайність гречки, залежно від сорту та біопрепаратів, т/га, середнє за 2023–2025 рр.

Спосіб обробки	Сорти		
	Антарія	Син-3/02	Ярославна
Контроль (без обробки ДП)	1,71	1,89	1,56
Біокомплекс–БТУ (обробка насіння)	1,91	2,11	1,74
Біокомплекс–БТУ (в період вегетації)	1,88	2,07	1,71
Біокомплекс–БТУ (обробка насіння + в період вегетації)	1,96	2,17	1,79
Гумат калію (обробка насіння)	1,98	2,19	1,80
Гумат калію (в період вегетації)	1,96	2,17	1,79
Гумат калію (обробка насіння + в період вегетації)	2,08	2,30	1,90
Гумісол (обробка насіння)	1,89	2,09	1,73
Гумісол (в період вегетації)	1,86	2,06	1,70
Гумісол (обробка насіння + в період вегетації)	1,94	2,15	1,77
<i>НІР</i> ₀₅	0,02	0,02	0,03

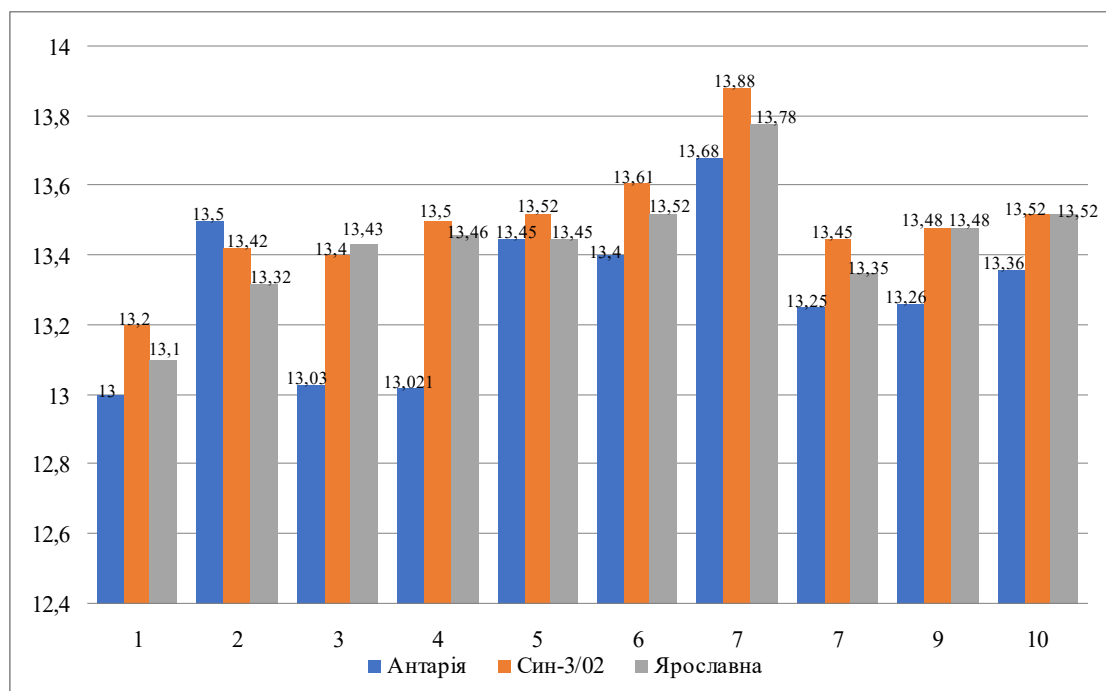


Рис. 1. Вміст сирого білка у зерні гречки, середнє за 2023–2025 рр., % на суху речовину.

Вміст сирого протеїну у гречці коливається в межах від 13,9 до 14,68 %. На контролі цей показник становив на рівні 13,9 % для сорту Антарія та 14,0 % для сортів Син-3/02 і Ярославна. Абсолютно всі варіанти обробки біопрепаратами привели до підвищення вмісту сирого протеїну для всіх сортів порівняно з контролем (рис. 2).

За комплексного застосування Гумату калію (насіння + вегетація) вміст сирого протеїну фіксували на рівні 14,58–14,68 %, що на 4,86 % вище порівняно з контролем, для всіх трьох сортів, підтверджуючи його ефективність для покращення якості зерна.

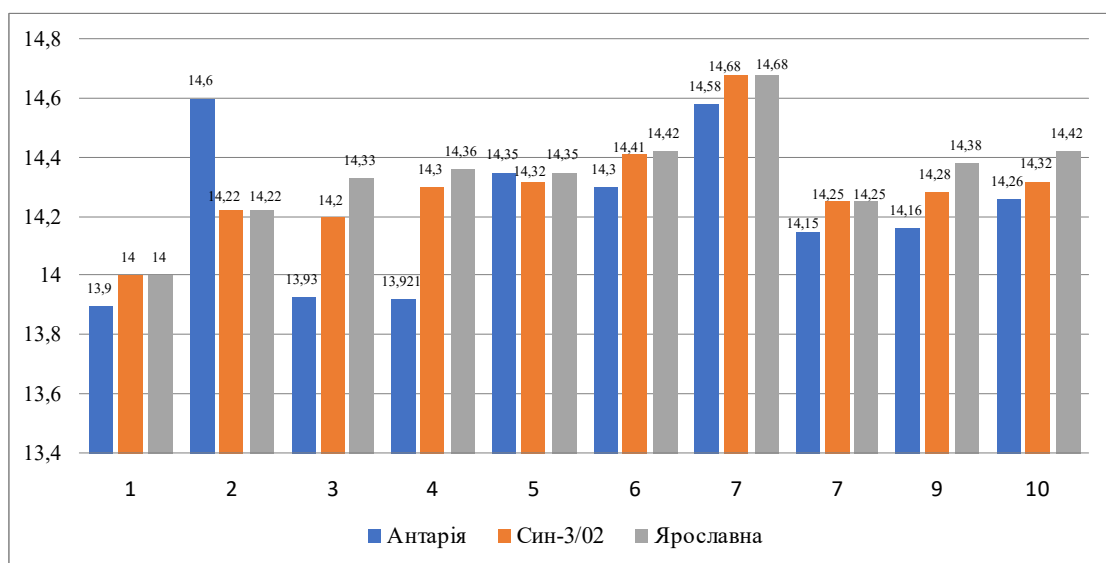


Рис. 2. Вміст сирого протеїну у зерні гречки, середнє за 2023–2025 рр., % на суху речовину.

Висновки. За результатами досліджень, проведених впродовж 2023–2025 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України, встановлено високу ефективність застосування біопрепаратів та регуляторів росту для підвищення врожайності та якості зерна гречки в системі органічного землеробства. Досліджені біопрепарати (Біокомплекс–БТУ, Гумат калію, Гумісол) забезпечили приріст урожайності для всіх трьох сортів гречки порівняно з контролем (без обробки). Найвищу врожайність для кожного сорту отримано за умови комплексного застосування Гумату калію (обробка насіння + обробка в період вегетації). Максимальний рівень врожайності зафіксовано у сорту Син-3/02 (2,30 т/га), що забезпечило приріст урожайності на 0,41 т/га (17,8 %) порівняно з контролем.

Застосування біопрепаратів позитивно вплинуло на якість зерна, зокрема на вміст сирого білка, що становив 13,0–13,88 %, де максимальне значення отримали для сортів Син-3/02 (13,88 %) та Ярославна (13,78 %) за комплексного застосування Гумату калію. Аналогічну тенденцію спостерігали з накопиченням сирого протеїну. Сорт Син-3/02 (2,30 т/га) виявився найбільш продуктивним та чутливим до агротехнічних прийомів, тимчасом сорт Ярославна (1,90 т/га) показав дещо нижчу врожайність.

Отже, для виробництва органічної продукції гречки в умовах Правобережного Лісостепу України, комплексна обробка насіння та посівів у період вегетації регулятором росту Гумат калію є найбільш доцільною та ефективною технологічною операцією, що дозволяє не лише максимізувати врожайність, а також суттєво підвищити якість зерна.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стан та виробництво органічної продукції в Україні. Вирощування гречки за застосування біопрепаратів / Л.В. Малинка та ін. Агробіологія. 2020. № 2.
2. Гречка в органічному виробництві. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/zernovi-kultury/1917-hrechka-v-orhanichnomu-vyrobnystvi.html>
3. Грищенко Р.Є., Любич О.Г., Глієва О.В., Мазуренко Т.В. Ефективність бактеризації насіння круп'яних культур в органічному землеробстві. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. Вип. 3–4. С. 82–93.
4. Грицаєнко З.М., Даценко А.А. Урожайність зерна гречки за дії біологічних препаратів. Агробіологія. 2014. № 2. С. 39–42.
5. Кващук О.В., Сучек М.М., Хоміна В.Я., Пастух О.Д. Круп'яні культури. Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2013. 288 с.
6. Соколовська І.М., Мащенко Ю.В. Біотехнологічні прийоми вирощування гречки за різного удобрення. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Видавничий дім «Гельветика». 2023. Вип. 130. С. 240–246. DOI: 10.32851/2226-0099.2023
7. Екологізація землеробства як перший крок до органічного виробництва рослинницької продукції / В.М. Писаренко та ін. Вісник ПДАА. 2020. № 3. С. 109–117.
8. Карпук Л.М., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Павліченко А.А. Економічна ефективність вирощування гречки органічного землеробства: матеріали XI Міжнародної науково-практичної молодіжної інтернет-конференції «Актуальні проблеми інноваційного розвитку аграрного сектору економіки». Київ, 2020. С. 60–61.
9. Каражбей П.П., Повидало В.М., Таранухо М.П. Доцільність вирощування гречки в органічному землеробстві: матеріали XIII міжнародної науково-практичної конференції. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції. С. 90–92.
10. Шевчук В.М. Гречка як стратегічна культура в умовах зміни клімату, агроекологічної сталості та продовольчої безпеки. Scientific Progress & Innovations. 2025. № 28 (2). С. 112–119.
11. Мойсієнко В.В., Тимошук Т.М., Панчишин В.З. Формування продуктивності гречки залежно від позакореневого підживлення. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2023. Вип. 2 (8). С. 63–72. DOI: 10.54651/agri.2023.02.07
12. The Distribution and Sustainable Utilization of Buckwheat Resources under Climate Change in China / W. Wen et al. Plants. 2021. Vol. 10(10). 2081 p. DOI: 10.3390/plants10102081.
13. Мащенко Ю.В., Семеняка І.М. Удосконалена технологія вирощування гречки в умовах Північного Степу України. Київ: Аграрна наука, 2018. 184 с.
14. Грищенко Р.Є., Любич О.Г., Глієва О.В., Рой А. Вплив нанокмполітного комплексного бактеріального препарату азогран на ріст, розвиток і врожайність гречки. Сільськогосподарська мікробіологія. 2019. 30. С. 32–38. DOI: 10.35868/1997-3004.30.32-38
15. Мартинюк І.В., Цимбал Я.С., Савченко С.Д., Савченко Є.Д. Ефективність вирощування круп'яних культур у короткоротаційних органічних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2024. № 11. С. 5–10.
16. Ткаченко О.С. Стан та перспективи органічного сільського господарства у регіонах України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 2. С. 49–54.
17. Мартинюк І.В., Цимбал Я.С., Задубинна Є.В. Історія розвитку та провадження органічного виробництва сільськогосподарської продукції. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2021. Вип. 2. С. 40–46.

18. Гадзало Я.М., Камінський В.Ф. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с.

19. Ходаківська О.В. Екологізація аграрного виробництва: монографія. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2015. 350 с.

20. Слюсар І.Т., Богатир Л.В., Єзерковський А.В. Вплив основного обробітку староорних органічних ґрунтів на їхні водно-фізичні властивості та продуктивність жита озимого та гречки. Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2016. Вип. 24. С. 127–133.

21. Перелік допоміжних продуктів та методів дозволених для використання в органічному виробництві з врахуванням вимог органічних стандартів Європейського Союзу / С.О. Галашевський та ін. Київ, 2024. 10 вид. 180 с.

REFERENCES

1. Malynka, L.V., Shyshkina, K.I., Didur, I.M., Yezerkovska, L.V., Karaulna, V.M., Karpuk, L.M., Pavlichenko, A.A., Kozak, L.A. (2020). Stan ta vyrobnytstvo orhanichnoi produktsii v Ukraini. Vyroshchuvannya hrechky za zastosuvannya biopreparativ [Status and production of organic products in Ukraine. Buckwheat cultivation with the use of biological preparations]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*. no. 2.

2. Hrechka v orhanichnomu vyrobnytstvi [Buckwheat in organic production]. 2020. Available at: <https://agronomy.com.ua/statti/zernovi-kultury/1917-hrechka-v-orhanichnomu-vyrobnytstvi.html>

3. Hryshchenko, R.Ye., Liubchych, O.H., Hliieva, O.V., Mazurenko, T.V. (2016). Efektyvnist bakteryzatsii nasinnia krupianykh kultur v orhanichnomu zemlerobstvi [Efficiency of bacterization of groats crops seeds in organic farming]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» [Collection of Scientific Works of NSC "Institute of Agriculture of NAAS"]*. Vol. 3–4, pp. 82–93.

4. Hrytsaienko, Z.M., Datsenko, A.A. (2014). Urozhainist zerna hrechky za dii biolohichnykh preparativ [Buckwheat grain yield under the action of biological preparations]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*. no. 2, pp. 39–42.

5. Kvashchuk, O.V., Suchek, M.M., Khomina, V.Ya., Pastukh, O.D. (2013). Krupiani kultury [Groats crops]. *Kamianets-Podilskyi, PP «Medobory-2006»*, 288 p.

6. Sokolovska, I.M., Mashchenko, Yu.V. (2023). Biotekhnolohichni priyomy vyroshchuvannya hrechky za riznoho udobrennia [Biotechnological methods of buckwheat cultivation under different fertilization]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky. [Tavria Scientific Bulletin. Agricultural Sciences]*. Kherson State Agrarian and Economic University. Publishing House "Helvetica", Vol. 130, pp. 240–246. DOI: 10.32851/2226-0099.2023

7. Pysarenko, V.M., Kovalenko, N.P., Pospielova, H.D., Pishchalenko, M.A., Melnychuk, V.V., Sherstiuk, O.L. (2020). Ekolohizatsiia zemlerobstva yak pershyi krok do orhanichnoho vyrobnytstva ro-

slynnnytskoi produktsii [Ecologization of agriculture as the first step towards organic production of crop products]. *Visnyk PDAA [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]*. no. 3, pp. 109–117.

8. Karpuk, L.M., Yezerkovska, L.V., Karaulna, V.M., Pavlichenko, A.A. (2020). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya hrechky orhanichnoho zemlerobstva: materialy XI Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi molodizhnoi internet-konferentsii «Aktualni problemy innovatsiinoho rozvytku ahromoho sektoru ekonomiky» [Economic efficiency of organic buckwheat cultivation: proceedings of the XI International Scientific and Practical Youth Internet Conference "Actual Problems of Innovative Development of the Agrarian Sector of the Economy"]. Kyiv, pp. 60–61.

9. Karazhbei, P.P., Povydalov, V.M., Taranukho, M.P. (2022). Dotsilnist vyroshchuvannya hrechky v orhanichnomu zemlerobstvi: materialy XIII mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii [Expediency of buckwheat cultivation in organic farming: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference]. *Poiednannia nauky, osvity, praktychnoho vyrobnytstva i spravedlyvoho prodazhu yakisnoi orhanichnoi produktsii [Combination of science, education, practical production and fair sale of quality organic products]*. pp. 90–92.

10. Shevchuk, V.M. (2025). Hrechka yak stratehichna kultura v umovakh zminy klimatu, ahroekolohichnoi stalosti ta prodovolchoi bezpeky [Buckwheat as a strategic crop in the context of climate change, agroecological sustainability and food security]. *Scientific Progress & Innovations*. no. 28 (2), pp. 112–119.

11. Moisyienko, V.V., Tymoshchuk, T.M., Panchyshyn, V.Z. (2023). Formuvannya produktyvnosti hrechky zalezho vid pozakorenevoho pidzhyvlenia [Formation of buckwheat productivity depending on foliar feeding]. *Zemlerobstvo ta roslynnnytstvo: teoriia i praktyka [Agriculture and crop production: theory and practice]*. Vol. 2 (8), pp. 63–72. DOI: 10.54651/agri.2023.02.07

12. Wen, W. (2021). The Distribution and Sustainable Utilization of Buckwheat Resources under Climate Change in China. *Plants*. Vol. 10(10), 2081 p. DOI: 10.3390/plants10102081.

13. Mashchenko, Yu.V., Semenaki, I.M. (2018). Udoshkonalena tekhnolohiia vyroshchuvannya hrechky v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Improved technology of buckwheat cultivation in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. Kyiv, *Agrarian Science*, 184 p.

14. Hryshchenko, R.Ye., Liubchych, O.H., Hliieva, O.V., Roi, A. (2019). Vplyv nanokompozytnoho kompleksnoho bakterialnoho preparatu azohranarist, rozvytok i vrozhainist hrechky [Effect of nanocomposite complex bacterial preparation azogran on growth, development and yield of buckwheat]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia [Agricultural Microbiology]*. no. 30, pp. 32–38. DOI: 10.35868/1997-3004.30.32-38

15. Martyniuk, I.V., Tsymbal, Ya.S., Savchenko, S.D., Savchenko, Ye.D. (2024). Efektyvnist vyroshchuvannya krupianykh kultur u korotkorotatsiinykh orhanichnykh sivozminakh Livoberezhnoho Lisostepu

Ukrainy [Efficiency of groats crops cultivation in short-rotation organic crop rotations of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 11, pp. 5–10.

16. Tkachenko, O.S. (2018). Stan ta perspektyvy orhanichnoho silskoho hospodarstva u rehionakh Ukrainy [Status and prospects of organic agriculture in the regions of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]. no. 2, pp. 49–54.

17. Martyniuk, I.V., Tsymbal, Ya.S., Zadubynna, Ye.V. (2021). Istoriia rozvytku ta provadzhennia orhanichnoho vyrobnytstva silskohospodarskoi produktsii [History of development and implementation of organic production of agricultural products]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka* [Agriculture and crop production: theory and practice]. Vol. 2, pp. 40–46.

18. Hadzało, Ya.M., Kaminskyi, V.F. (2016). Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini: monohrafiia [Scientific bases of organic production in Ukraine]. Kyiv, Agrarian Science, 592 p.

19. Khodakivska, O.V. (2015). Ekologizatsiia ahrarnoho vyrobnytstva: monohrafiia. [Ecologization of agrarian production]. Kyiv, NSC «IAE», 350 p.

20. Sliusar, I.T., Bohatyr, L.V., Yezerkovskiy, A.V. (2016). Vplyv osnovnoho obrobitku staroornykh orhanohennykh hruntiv na yikhni vodno-fizychni vlastyvyosti ta produktyvnist zhyta ozymoho ta hrechky [The influence of the main tillage of old-arable organogenic soils on their water-physical properties and productivity of winter rye and buckwheat]. *Zb. nauk. prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv NAAN* [Collection of scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS]. Kyiv, FOP Korzun D.Yu., Vol. 24, pp. 127–133.

21. Halashevskiy, S.O., Havran, I.I., Yezerkovska, L.V. (2024). Perelik dopomizhnykh produktiv ta metodiv dozvolenykh dlia vykorystannia v orhanichnomu vyrobnytstvi z vrakhuvanniam vymoh orhanichnykh standartiv Yevropeiskoho Soiuzu [List of auxiliary products and methods allowed for use in organic production taking into account the requirements of organic standards of the European Union]. Kyiv, 10th edition, 180 p.

Efficiency of biopreparations application in organic buckwheat production

Karpuk L., Fedorchenko Ya.

Buckwheat is a highly profitable and strategically important crop in Ukraine, and its cultivation in organic production is becoming particular

relevant due to the global and domestic trend for healthy eating. Organic buckwheat, grown without the use of synthetic pesticides and mineral fertilizers, has a higher market price and better export prospects, which makes it attractive for agricultural producers. In our country, there is currently a shortage of scientifically based research and effective recommendations for optimizing buckwheat cultivation technology in organic farming, particularly in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The aim of the work was to determine the effectiveness of the use of biological products and growth regulators (in particular, Biocomplex–BTU, Potassium Humate, Humisol) (the products are permitted for use in organic production in accordance with the requirements of the legislation of Ukraine in the field of organic production, circulation and labelling of organic products; Regulation of the European Parliament and of the Council (EU) No. 2018/848 of May 30, 2018 and Commission Implementing Regulation (EU) No. 2021/1165 of July 15, 2021) to increase the yield and improve the quality indicators of buckwheat grain of three varieties: Antaria, Syn–3/02, and Yaroslavna. The research was carried out on the basis of the T.G. Shevchenko Agricultural Research Station in the village of Trostinka, Vasylkiv district, Kyiv region. The soil of the experimental plot is represented by typical leached chernozem, of medium depth, low humidity, coarse-grained, slightly loamy on carbonate loess. It has been established that the inclusion of biological products in agrotechnology provides a significant increase in yield compared to the control. Comprehensive treatment (seeds + vegetation) with potassium humate demonstrated the highest efficiency. In this variant, the maximum yield was recorded in the Syn–3/02 variety (2.30 t/ha), which was an increase of 0.41 t/ha compared to the control. The use of potassium humate also provided the maximum increase in quality indicators: the content of crude protein in grain increased to 14.68 % in the studied varieties, which is 4.86 % more compared to the control. It has been determined that the biologization of agricultural technology is a key factor in increasing of organic buckwheat productivity and significantly improves its nutritional value, which is crucial for ensuring the competitiveness of Ukrainian organic products.

Key words: organic production, buckwheat, biopreparations, crude protein, yield.



Copyright: Карпук Л.М., Федорченко Я.О.© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:

Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>



АГРОНОМІЯ

УДК 631.547:57.087

**Особливості формування продуктивності пшениці
залежно від генотипу і умов вирощування в Лісостепу України****Кононюк Н.О.** , **Присяжнюк О.І.** *Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*

E-mail: ollpris@gmail.com



Кононюк Н.О., Присяжнюк О.І. Особливості формування продуктивності пшениці залежно від генотипу і умов вирощування в Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 88–95.

Kononyuk N., Prysiazhnyuk O. Features of wheat productivity formation depending on genotype and growing conditions in the Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiologia», 2025. no. 2, pp. 88–95.

Рукопис отримано: 22.08.2025 р.

Прийнято: 08.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-88-95

У статті наведено результати досліджень щодо особливостей формування урожайності пшениці за вирощування її в умовах Лісостепу Правобережного.

Метою досліджень було встановлення впливу екологічних умов вирощування на урожайність зерна пшениці. Упродовж 2020–2024 рр. проводили дослідження в ДПДГ «Саливківське», Білоцерківського р-ну Київської області.

Вивчали 36 сортів пшениці м'якої озимої селекції науково-дослідних установ Національної академії аграрних наук України. Показники стабільності та пластичності урожайності визначали за методикою Еберггарда-Рассела, яка дозволяє оцінити рівень продуктивності культури за пластичністю (b), що є відображенням регресії на зміну умов вирощування та стабільністю (W) цієї реакції.

Найбільш несприятливі умови для формування врожайності зерна пшениці озимої були у 2020 році, коли в середньому отримали 5,62 т/га зерна. Проте, вітчизняні сорти навіть в цей рік перевищили на 1,82 т/га середню урожайність по Україні та на 1,34 т/га – по Київській області. У 2022 р. середня урожайність зерна 7,38 т/га перевищила на 3,45 т/га загальноукраїнський показник та на 3,54 т/га – середню урожайність пшениці по Київській області. Тимчасом кращі значення отримано в 2023 р. за рівня урожайності 7,98 т/га, що на 3,34 т/га вище загальноукраїнського показника та на 2,61 т/га – понад середню урожайність пшениці по Київській області.

Виявлено, що в середньому кращими за урожайністю були сорти пшениці озимої Легенда білоцерківська та Охтирчанка, які мали урожайність понад 8,0 т/га. Рівень урожайності понад 7,5 т/га мали сорти: Привітна, Зорепад білоцерківський, Грація білоцерківська, Мудрість одеська, Оптима одеська, Марія та МПП Валенсія.

Встановлено, що до інтенсивних високопластичних за урожайністю сортів пшениці озимої можна віднести: Краєвид, Кесарія Поліська, Співанка Поліська, Привітна, Легенда білоцерківська, Зорепад білоцерківський, Грація білоцерківська, Мудрість одеська, Оптима одеська, Марія, Бургунка, МПП Валенсія, Вежа миронівська та Охтирчанка. Тимчасом до генотипів що не знижують урожайність під тиском погодних умов належать такі сорти: Березиня миронівська, МПП Дніпрянка, Грація миронівська та Воздвиженка.

Ключові слова: пшениця, урожайність, інтенсивні умови, ліміт чинників середовища.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В сучасному рослинництві пшениця залишається базовою культурою завдяки своїй адаптації до навколишнього середовища та здатності формувати достатню кількість рослинних залишків, що позитивно впливає на родючість ґрунту, зменшення ерозії і підвищення ефективності поглинання ґрунтом опадів [1, 2].

Через величезне економічне значення та високу частку пшениці в сільському господарстві, досягнення високих врожаїв зерна є дуже важливим питанням. Зокрема, враховуючи зміну клімату, поряд з орієнтацією на високі врожаї зерна зосереджується увага також на стабільності врожайності. Рушійними силами цієї зміни є екологічно обумовлені умови вирощування, такі як посуха на початку літа, пізні заморозки або зливи дощі [3]. Ці кліматичні зміни та зростаюча кліматична мінливість вже науково доведені в межах конкретних сценаріїв розвитку польових умов [4, 5], у зв'язку з цим спостерігається зростаючий попит на стабільні за врожайністю сорти пшениці, адаптовані до зміни клімату [6–8]. Однак, нещодавні дослідження свідчать про особливий та підвищений інтерес фермерів до покращення стабільності врожайності сортів пшениці [9–11]. Окрім вибору сортів, наразі немає досліджень, що зосереджуються на стабільності врожайності в системному підході.

Врожайність пшениці в умовах ліміту чинників середовища дуже мінлива через залежність як від доступності ґрунтової вологи під час сівби, так і від кількості опадів у осінньо-зимовий та вегетаційний періоди, які є дуже мінливими. Тому інтенсивність використання вологи культурою, що передуює пшениці в сівозміні часто визначає подальшу врожайність пшениці [12, 13].

Тому, важливим чинником ефективності агротехнологій є раціональне використання та мінімізація виникнення періодів випаровування вологи з відкритого ґрунту. Однак вирощування пшениці не лише ризикове серед багатьох культур сівозміни через значну залежність від розподілу опадів у регіоні, а також у зв'язку з недостатньою вивченістю реакції різних сортів пшениці на умови вирощування. Адже, цілком ймовірно, що фермери нададуть перевагу вирощуванню сортів пшениці, які забезпечують високі стабільні врожаї з року в рік [14].

Багато дослідників підтвердили твердження Лайтфута із співавт. (1987) про те,

що стабільна система визначається як та, яка найменше змінюється у відповідь на зміни навколишнього середовища. Вони дійшли висновку, що аналіз стабільності може бути корисним для експериментів з довгостроковими даними [15, 16] та запропонували використовувати індекс стабільності як відхилення від регресії. Тимчасом еквалента Вріке (1962) визначає міру стабільності, а інші показники стабільності врожайності зазвичай включають коефіцієнт варіації (CV), діапазон врожайності та стандартне відхилення врожайності [17].

Водночас вважається, що оцінка ризику отримання низької врожайності часто важливіша, ніж визначення стабільності врожайності. Тобто, оцінка стабільності врожайності системи має враховувати як середню врожайність, так і дисперсію [18].

Метою досліджень було виявлення впливу екологічних умов вирощування на стабільність та пластичність урожайності зерна пшениці.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2020–2024 рр. в умовах Дослідного поля ІБКіЦБ (ДПДГ «Саливківське»), що розташоване в Білоцерківському районі Київської області.

Ґрунт Дослідного поля ІБКіЦБ (ДПДГ «Саливківське») – чорнозем глибокий середньосуглинковий на лесовидному суглинку: вміст гумусу – 2,58 % (за Тюрніним), лужногидролізованого азоту – 176 мг/кг ґрунту (за Корнфільдом), рухомих сполук фосфору та калію – 160 і 95 мг/кг ґрунту (за Чиріковим), рНсольове – 6,75, сума ввібраних основ – 305 мг-екв/кг ґрунту, гідролітична кислотність – 9,1 мг-екв/кг. Вміст гумусу та лужногидролізованого азоту – середній, вміст рухомого фосфору – високий та підвищений вміст калію.

Погодні показники в роки проведення досліджень відрізнялись від середніх багаторічних. На початку 2020 року січень був теплішим за норму з нестачею опадів у перших декадах, лютий мав погодні умови, близькі до середніх багаторічних показників. Березень та квітень характеризувалися теплом і незначним дефіцитом вологи, а в травні були зафіксовані прохолоди й локальні надлишки опадів. Влітку 2020 р. переважали екстремально теплі періоди, особливо в червні та липні, за дефіциту опадів. У серпні спостігалася спека та нестабільний розподіл вологи. Осінь була теплою, з коливаннями рівня опадів.

У 2021 р. зима характеризувалася періодами холоду й надлишком опадів. Весняні місяці були прохолодними з нестабільними дощами. Влітку переважали спекотні періоди з дефіцитом вологи. Осінь мала здебільшого температури повітря близькі до багаторічних значень, проте частий дефіцит опадів.

У 2022 р. погодні умови були переважно теплими, особливо в літні місяці. Червень і липень характеризувалися посухами, тимчасом вересень та листопад мали надлишок опадів. Зима була помірною з достатнім рівнем опадів.

У 2023 році спостерігалася нестабільність за кількістю опадів і середньодобовими температурами повітря: січень та лютий відповідали нормі, весна почалась із вологої погоди. Літні місяці мали чергування спекотних декад і посух. Осінь була теплою, з дефіцитом вологи у вересні й коливаннями опадів у листопаді.

На початку 2024 р. зима була прохолодною, з періодами надлишкових опадів. Весна характеризувалася різкими перепадами температур і опадів. Квітень і травень мали часті коливання вологозабезпечення та температури.

Загалом у 2020–2024 рр. переважали температурні аномалії у бік потепління і нестабільність опадів, що суттєво впливало на умови вегетації.

Стабільність та пластичність урожайності визначали за методикою Ебергарда-Рассела, яка дозволяє оцінити рівень продуктивності культури за пластичністю (b), що є відображенням регресії на зміну умов вирощування та стабільністю (W) цієї реакції [19].

Стандартне відхилення (SD) є мірою мінливості (варіації) ознаки та показує на яку величину в середньому відхиляються показники від середнього значення ознаки. А коефіцієнт варіації (CV) — відносна величина, що слугує для характеристики розсіювання (мінливості) ознаки. Градацію коефіцієнту варіації визначали згідно зі шкалою, наведеною в підручнику А.В. Головач [20].

Дослідження проводили згідно з методикою польового дослідження та методикою Державного сортопробування сільськогосподарських культур [21].

Результати досліджень та обговорення. В результаті проведених досліджень ми отримали багаторічні показники урожайності сортів пшениці озимої за вирощування їх в умовах Дослідного поля ДПДГ «Саливківське» (табл. 1).

Загалом можна стверджувати, що найбільш несприятливі для формування врожайності зерна пшениці озимої умови були у 2020 році, коли в середньому отримали 5,62 т/га зерна. Проте, вітчизняні сорти навіть в цей рік перевищили на 1,82 т/га середню урожайність по Україні та на 1,34 т/га — по Київській області.

Погодні умови що склались в 2021 р. були більш сприятливими до формування врожаю зерна, зокрема в середньому по досліді отримано 6,46 т/га. Порівняно із загальнодержавною урожайністю отримано на 1,93, а з середньою по Київщині — на 1,40 т/га більше.

В умовах 2022 р. середня по досліді урожайність зерна 7,38 т/га перевищила на 3,45 т/га загальноукраїнський показник та на 3,54 т/га — середню урожайність пшениці по Київській області. В цей рік була зафіксована найбільш вагома різниця експериментальних даних щодо порівняння їх середніх значень.

Формування сприятливих ґрунтово-кліматичних показників впродовж вегетації пшениці озимої сприяло отриманню в 2023 р. урожайності в 7,98 т/га. Отриманий рівень середньої урожайності був на 3,34 т/га вище загальноукраїнського показника та на 2,61 т/га — понад середню урожайність пшениці по Київській області.

Погодні умови що склались в 2024 р. сприяли також отриманню високого рівня урожайності пшениці в середньому по досліді 7,41 т/га, зокрема перевищення середніх по країні показників було на 2,91, а по Київській області — на 1,91 т/га.

Якщо проаналізувати сортовий склад, то за урожайністю за роки досліджень кращими були Легенда білоцерківська та Охтирчанка, які мали урожайність понад 8,0 т/га. Рівень урожайності понад 7,5 т/га мали сорти: Привітна, Зорепад білоцерківський, Грація білоцерківська, Мудрість одеська, Оптима одеська, Марія та МПП Валенсія.

Зважаючи на змінність умов вирощування та сортову реакцію на них, проведемо визначення показників варіабельності та стабільності і пластичності урожайності пшениці озимої за вирощування в умовах ДПДГ «Саливківське» як більш комплексної характеристики сортів (табл. 2).

Велика варіація урожайності (понад 21 %) спостерігалась в таких сортів пшениці: Співанка Поліська, Привітна, Легенда білоцерківська, Зорепад білоцерківський, Грація білоцерківська, Мудрість одеська, Катруся одеська, Оптима одеська, Марія, Бургунка, МПП Валенсія.

Таблиця 1 – Урожайність пшениці озимої за вирощування в умовах Дослідного поля ДПДГ «Саливінківське», т/га

Сорт	2024	2023	2022	2021	2020	Середнє
Водограй	6,03	7,49	7,00	6,51	6,33	6,67
Краєвид	6,93	8,98	8,10	7,99	5,33	7,47
Кесарія Поліська	8,41	8,26	7,10	5,93	5,78	7,10
Співанка Поліська	5,76	10,50	8,20	6,45	5,39	7,26
Романівна	7,70	7,06	6,70	5,71	5,24	6,48
Поліська 90	5,77	6,64	6,00	4,94	5,61	5,79
Аналог	5,87	7,03	6,10	4,86	5,46	5,86
Здобна	7,34	6,36	7,20	4,83	6,00	6,35
Привітна	7,40	11,90	8,30	6,30	5,83	7,95
Легенда білоцерківська	11,30	8,88	8,90	6,13	5,78	8,20
Зорепад білоцерківський	10,90	8,03	8,40	5,30	5,83	7,69
Грація білоцерківська	10,30	7,56	7,90	5,75	5,67	7,44
Водограй білоцерківський	7,23	6,94	6,80	5,69	6,33	6,60
Мудрість одеська	10,40	10,00	6,70	5,68	5,40	7,64
Катруся одеська	10,10	6,38	5,90	5,23	5,55	6,63
Оранта одеська	6,26	7,00	7,20	5,90	5,66	6,40
Манера одеська	6,94	8,23	7,80	5,45	5,36	6,76
Оптима одеська	7,76	11,40	8,80	5,78	5,94	7,94
Наснага	6,79	7,69	8,70	5,93	5,39	6,90
Анатолія	5,43	8,58	7,20	7,00	5,78	6,80
Конка	5,45	8,03	7,70	5,94	5,83	6,59
Марія	5,20	11,70	8,70	6,15	5,78	7,51
Бургунка	5,40	10,30	7,50	6,43	5,78	7,08
Берегиня миронівська	7,57	7,83	6,90	7,00	5,83	7,03
МПП Валенсія	6,49	9,33	8,80	9,23	5,28	7,83
МПП Ассоль	7,45	7,13	6,70	8,24	5,08	6,92
МПП Дніпрянка	8,23	7,55	6,90	8,54	5,56	7,36
Грація миронівська	7,45	6,87	6,70	8,60	5,33	6,99
Естафета миронівська	6,51	6,03	5,90	6,75	5,12	6,06
Вежа миронівська	6,55	9,13	7,20	7,00	5,23	7,02
МПП Вишиванка	7,43	6,35	6,70	7,23	5,14	6,57
Сприятлива	6,16	5,56	6,80	6,45	5,44	6,08
Соловушка	6,23	5,63	7,20	6,51	5,83	6,28
Світанкова	6,81	5,78	7,10	6,85	5,55	6,42
Воздвиженка	8,94	6,56	6,80	7,00	6,00	7,06
Охтирчанка	10,10	8,59	9,00	7,17	5,89	8,15
НІР _{0,05}	0,12	0,10	0,14	0,11	0,10	0,08

Натомість значна варіація експериментальних даних урожайності (понад 16 %) визначена для сортів: Краєвид, Кесарія Поліська, Здобна, Манера одеська, Наснага, Анатолія, Конка, МПП Ассоль, МПП Дніпрянка, Грація миронівська.

Висока пластичність та інтенсивні умови формування урожайності спостерігались в таких сортах: Краєвид, Кесарія Поліська, Співанка Поліська, Привітна, Легенда білоцерківська, Зорепад білоцерківський, Грація білоцерківська, Мудрість одеська, Оптима

одеська, Марія, Бургунка, МПП Валенсія, Вежа миронівська та Охтирчанка.

Натомість до генотипів що формують урожайність під тиском погодних умов належать такі сорти: Берегиня миронівська, МПП Дніпрянка, Грація миронівська та Воздвиженка.

Подібні результати були отримані та висвітлені в публікаціях таких закордонних авторів як Pujer та ін., 2020 [22], Hayder та ін., 2018 [23], Singh та ін., 2018 [24], Jhinjer та ін., 2017 [25], Polat та ін., 2016 [26], Verman та ін., 2015 [27].

Таблиця 2 – Показники варіабельності, стабільності і пластичності урожайності зерна пшениці озимої за вирощування в умовах Дослідного поля ДПДГ «Саливінківське»

Сорт	SD, т/га	CV, %	b	W	Екологічна характеристика
Водограй	0,58	8,6	0,354	4,776x10 ⁶	низька пластичність
Красвид	1,40	18,7	1,202	4,745x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Кесарія Поліська	1,24	17,5	1,189	4,760x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Співанка Поліська	2,11	29,0	1,717	4,753x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Романівна	1,00	15,4	0,943	4,784x10 ⁶	низька пластичність
Поліська 90	0,62	10,6	0,466	4,811x10 ⁶	низька пластичність
Аналог	0,80	13,7	0,675	4,808x10 ⁶	низька пластичність
Здобна	1,02	16,0	0,587	4,789x10 ⁶	низька пластичність
Привітна	2,41	30,3	2,195	4,726x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Легенда білоцерківська	2,28	27,8	1,915	4,717x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Зорепад білоцерківський	2,24	29,1	1,660	4,736x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Грація білоцерківська	1,90	25,5	1,384	4,746x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Водограй білоцерківський	0,60	9,1	0,441	4,779x10 ⁶	низька пластичність
Мудрість одеська	2,39	31,4	2,085	4,738x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Катруся одеська	1,99	29,9	0,902	4,778x10 ⁶	низька пластичність
Оранта одеська	0,67	10,5	0,613	4,787x10 ⁶	низька пластичність
Манера одеська	1,32	19,5	1,312	4,773x10 ⁶	висока пластичність
Оптима одеська	2,31	29,2	2,187	4,727x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Наснага	1,33	19,3	1,237	4,765x10 ⁶	висока пластичність
Анатолія	1,25	18,4	0,763	4,771x10 ⁶	низька пластичність
Конка	1,18	18,0	0,800	4,779x10 ⁶	низька пластичність
Марія	2,70	36,0	1,949	4,743x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Бургунка	1,97	27,8	1,382	4,760x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
Берегиня миронівська	0,77	11,0	0,757	4,762x10 ⁶	низька пластичність, ліміт факторів
МІП Валенсія	1,83	23,4	1,169	4,731x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
МІП Ассоль	1,17	16,9	0,622	4,767x10 ⁶	низька пластичність
МІП Дніпрянка	1,19	16,1	0,635	4,750x10 ⁶	низька пластичність, ліміт факторів
Грація миронівська	1,19	17,0	0,395	4,764x10 ⁶	низька пластичність, ліміт факторів
Естафета миронівська	0,63	10,4	0,292	4,800x10 ⁶	низька пластичність
Вежа миронівська	1,41	20,0	1,278	4,762x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови
МІП Вишиванка	0,91	13,8	0,516	4,780x10 ⁶	низька пластичність
Сприятлива	0,58	9,5	0,136	4,799x10 ⁶	низька пластичність
Соловушка	0,62	9,8	0,052	4,792x10 ⁶	низька пластичність
Світанкова	0,70	10,9	0,216	4,786x10 ⁶	низька пластичність
Воздвиженка	1,12	15,8	0,479	4,761x10 ⁶	низька пластичність, ліміт факторів
Охтирчанка	1,64	20,1	1,495	4,719x10 ⁶	висока пластичність, інтенсивні умови

Висновки. Досліджено, що кращими за урожайністю були сорти пшениці озимої Легенда білоцерківська та Охтирчанка, які мали урожайність понад 8,0 т/га. Рівень урожайності понад 7,5 т/га отримано у сортів: Привітна, Зорепад білоцерківський, Грація білоцерківська, Мудрість одеська, Оптима одеська, Марія та МІП Валенсія.

Встановлено, що до інтенсивних високопластичних за урожайністю сортів пшениці озимої можна віднести: Красвид, Кеса-

рія Поліська, Співанка Поліська, Привітна, Легенда білоцерківська, Зорепад білоцерківський, Грація білоцерківська, Мудрість одеська, Оптима одеська, Марія, Бургунка, МІП Валенсія, Вежа миронівська та Охтирчанка.

Тимчасом до генотипів що не знижують урожайність під тиском погодних умов належать такі сорти як: Берегиня миронівська, МІП Дніпрянка, Грація миронівська та Воздвиженка.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Alternative crop rotations for the central Great Plains / R.L. Anderson et al. *J. Prod. Agric.* 1999. 12. P. 95–99. DOI: 10.2134/jpa1999.0095
2. Nielsen D.C., Vigil M.F. Precipitation storage efficiency during fallow in wheat-fallow systems. *Agron. J.* 2010. 102. P. 537–543. DOI: 10.2134/agronj2009.0348
3. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice. Adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*. 2016. 6. 40 p. DOI: 10.3390/agronomy6030040
4. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emission scenarios / K. Wiebe et al. *Environ. Res. Lett.* 2015. 10. 85010. DOI: 10.1088/1748-9326/10/8/085010
5. Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany / S. Pompe et al. *Biol. Lett.* 2008. 4. P. 564–567. DOI: 10.1098/rsbl.2008.0231
6. Crane T.A., Roncoli C., Hoogenboom G. Adaptation to climate change and climate variability: The importance of understanding agriculture as performance. *Wageningen J. Life Sci.* 2011. 57. P. 179–185. DOI: 10.1016/j.njas.2010.11.002
7. Parry M.A.J., Hawkesford M.J. An integrated approach to crop genetic improvement. *J. Integr. Plant Biol.* 2012. 54. P. 250–259. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2012.01109.x
8. Stratonovitsch P., Semenov M.A. Heat tolerance around flowering in wheat identified as a key trait for increased yield potential in Europe under climate change. *J. Exp. Bot.* 2015. 66. P. 3599–3609. DOI: 10.1093/jxb/erv070
9. Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale / J. Mühleisen et al. *Theor. Appl. Gen.* 2014. 127. P. 309–316. DOI: 10.1007/s00122-013-2219-1
10. Macholdt J., Barthelmes G., Ellmer F., Baumecker M. Yield stability of winter wheat grown in Brandenburg. *J. Cultiv. Plants.* 2013. 65. P. 411–421.
11. Michel V., Zenk A. Suitability of winter wheat varieties under specific growing conditions and introduction of new parameters for evaluation of varieties with special consideration for climate change. German Research Institute of Agriculture and Fisheries Mecklenburg-Vorpommern (Gülzow). 2017. URL: http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Sorten/weitere_Artikel_und_Vortraege/index.jsp?&seite=3&artikel=2993.
12. Nielsen D.C., Lyon D.J., Miceli-Garcia J.J. Replacing fallow with forage triticale in a dryland wheat-corn-fallow rotation may increase profitability. *Field Crops Res.* 2017. 203. P. 227–237. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.12.005
13. Nielsen D.C., Vigil M.F. Searching for synergism in dryland cropping systems in the central Great Plains. *Field Crops Res.* 2014. 158. P. 34–42. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.12.020
14. Nielsen D.C., Vigil M.F. Intensifying a semi-arid dryland crop rotation by replacing fallow with pea. *Agric. Water Manage.* 2017. 186. P. 127–138. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.003
15. Raun W.R., Barreto H.J., Westerman R.L. Use of stability analysis for long-term soil fertility experiments. *Agron. J.* 1993. 85. P. 159–167. DOI: 10.2134/agronj1993.00021962008500010029x
16. Döring T.F., Knapp S., Cohen J.E. Taylor's power law and the stability of crop yields. *Field Crops Res.* 2015. 183. P. 294–302. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.08.005
17. Temesgen T., Keneni G., Seferd T., Jarso M. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Crop J.* 2015. 3. P. 258–268. DOI: 10.1016/j.cj.2015.03.004
18. Nielsen D.C., Vigil M.F. Wheat Yield and Yield Stability of Eight Dryland Crop Rotations. *Agron. J.* 2018. 110. P. 594–601. DOI: 10.2134/agronj2017.07.0407
19. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
20. Головач А.В. Статистика. Київ: Вища школа, 1995. 342 с.
21. Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях / О.І. Присяжнюк та ін. Київ: Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
22. Pujer S., Naik V.R., Biradar S.S., Uday G. Stability analysis to study the effects of different date of sowing on grain yield performance in wheat (*Triticum sp.*). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2020. 9(5). P. 2319–7706.
23. Stability analysis of yield performance in wheat (*Triticum aestivum* L.) / F.M.A. Hayder et al. *Pl. Environ. Dev.* 2018. 7(2). P. 10–15.
24. Stability analysis for grain yield and some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / C. Singh et al. *J. Of App. and Natural Sci.* 2018. 10(1). P. 466–474.
25. Stability Analysis for Grain Yield and Micronutrients in Bread Wheat Genotypes / R.K. Jhinjer et al. *Adv. in Res.* 2017. 11(1). P. 1–8.
26. Polat P.O., Cifci E.A., Yagdi K. Stability performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *J. Agri. Sci. Tech.* 2016. 18(2). P. 553–560.
27. Verman M., Jatav S.K., Gautam A. Phenotypic stability over different sowing times in wheat. *Annals of Plant and Soil Res.* 2015. 17(3). P. 292–295.

REFERENCES

1. Anderson, R.L., Bowman, R.A., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Aiken, R.M., Benjamin, J.F. (1999). Alternative crop rotations for the central Great Plains. *J. Prod. Agric.* no. 12, pp. 95–99. DOI: 10.2134/jpa1999.0095
2. Nielsen, D.C., Vigil, M.F. (2010). Precipitation storage efficiency during fallow in wheat-fallow systems. *Agron. J.* no. 102, pp. 537–543. DOI: 10.2134/agronj2009.0348

3. Macholdt, J., Honermeier, B. (2016). Impact of climate change on cultivar choice. Adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*. no. 6, 40 p. DOI: 10.3390/agronomy6030040
4. Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugghe, D., Biewald, A., Bodirsky, B., Islam, S., Kavallari, A., Mason-D'Croz, D. (2015). Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emission scenarios. *Environ. Res. Lett.* no. 10, 85010. DOI: 10.1088/1748-9326/10/8/085010
5. Pompe, S., Hanspach, J., Badeck, F., Klotz, S., Thuiller, W., Kühn, I. (2008). Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany. *Biol. Lett.* no. 4, pp. 564–567. DOI: 10.1098/rsbl.2008.0231
6. Crane, T.A., Roncoli, C., Hoogenboom, G. (2011). Adaptation to climate change and climate variability: The importance of understanding agriculture as performance. *Wageningen J. Life Sci.* no. 57, pp. 179–185. DOI: 10.1016/j.njas.2010.11.002
7. Parry, M.A.J., Hawkesford, M.J. (2012). An integrated approach to crop genetic improvement. *J. Integr. Plant Biol.* no. 54, pp. 250–259. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2012.01109.x
8. Stratonovitsch, P., Semenov, M.A. (2015). Heat tolerance around flowering in wheat identified as a key trait for increased yield potential in Europe under climate change. *J. Exp. Bot.* no. 66, pp. 3599–3609. DOI: 10.1093/jxb/erv070
9. Mühleisen, J., Piepho, H.P., Maurer, H.P., Longin, C.F.H., Reif, J.C. (2014). Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale. *Theor. Appl. Gen.* no. 127, pp. 309–316. DOI: 10.1007/s00122-013-2219-1
10. Macholdt, J., Barthelmes, G., Ellmer, F., Baumecker, M. (2013). Yield stability of winter wheat grown in Brandenburg. *J. Cultiv. Plants.* no. 65, pp. 411–421.
11. Michel, V., Zenk, A. (2017). Suitability of winter wheat varieties under specific growing conditions and introduction of new parameters for evaluation of varieties with special consideration for climate change. German Research Institute of Agriculture and Fisheries Mecklenburg-Vorpommern (Gülzow). Available at: http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Sorten/weitere_Artikel_und_Vortraege/index.jsp?&seite=3&artikel=2993.
12. Nielsen, D.C., Lyon, D.J., Miceli-Garcia, J.J. (2017). Replacing fallow with forage triticale in a dryland wheat-corn-fallow rotation may increase profitability. *Field Crops Res.* no. 203, pp. 227–237. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.12.005
13. Nielsen, D.C., Vigil, M.F. (2014). Searching for synergism in dryland cropping systems in the central Great Plains. *Field Crops Res.* no. 158, pp. 34–42. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.12.020
14. Nielsen, D.C., Vigil, M.F. (2017). Intensifying a semi-arid dryland crop rotation by replacing fallow with pea. *Agric. Water Manage.* no. 186, pp. 127–138. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.003
15. Raun, W.R., Barreto, H.J., Westeman, R.L. (1993). Use of stability analysis for long-term soil fertility experiments. *Agron. J.* no. 85, pp. 159–167. DOI: 10.2134/agronj1993.00021962008500010029x
16. Döring, T.F., Knapp, S., Cohen, J.E. (2015). Taylor's power law and the stability of crop yields. *Field Crops Res.* no. 183, pp. 294–302. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.08.005
17. Temesgen, T., Keneni, G., Seferd, T., Jarso, M. (2015). Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Crop J.* no. 3, pp. 258–268. DOI: 10.1016/j.cj.2015.03.004
18. Nielsen, D.C., Vigil, M.F. (2018). Wheat Yield and Yield Stability of Eight Dryland Crop Rotations. *Agron. J.* no. 110, pp. 594–601. DOI: 10.2134/agronj2017.07.0407
19. Ermantraut, E.R., Prsiazchniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyj analiz agromichnyh doslidnyh danyh v paketi Statistica 6.0 [Statistical analysis of agronomic research data in package Statistica 6.0. Guidelines]. Kyiv, Polygraph-Consalting, 56 p.
20. Holovach, A.V. (1995). Statistika [Statistics]. Kyiv, High school, 342 p.
21. Prsiazchniuk, O.I., Klymovych, N.M., Polunina, O.V. (2021). Metodolohiia i orhanizatsiia naukovykh doslidzen u silskomu hospodarstvi ta kharchovykh tekhnolohiiakh [Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies]. Kyiv, Nilan-LTD, 300 p.
22. Pujer, S., Naik, V.R., Biradar, S.S., Uday, G. (2020). Stability analysis to study the effects of different date of sowing on grain yield performance in wheat (*Triticum sp.*). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* no. 9(5), pp. 2319–2706.
23. Hayder, F.M.A., Uddin, M.N., Roy, U.K., Uddin, G.M., Siddique, A.B. (2018). Stability analysis of yield performance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pl. Environ. Dev.* no. 7(2), pp. 10–15.
24. Singh, C., Srivastava, P., Sharma, A., Kumar, P., Chhuneja, P., Sohu, V.S. (2018). Stability analysis for grain yield and some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Of App. and Natural Sci.* no.10(1), pp. 466–474.
25. Jhinjer, R.K., Mavi, G.S., Malhotra, A., Sood, N., Singh, B., Kaur, B. (2017). Stability Analysis for Grain Yield and Micronutrients in Bread Wheat Genotypes. *Adv. in Res.* no. 11(1), pp. 1–8.
26. Polat, P.O., Cifci, E.A., Yagdi, K. (2016). Stability performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *J. Agri. Sci. Tech.* no. 18(2), pp. 553–560.
27. Verman, M., Jatav, S.K., Gautam, A. (2015). Phenotypic stability over different sowing times in wheat. *Annals of Plant and Soil Res.* no. 17(3), pp. 292–295.

Features of wheat productivity formation depending on genotype and growing conditions in the Forest-Steppe of Ukraine

Kononyuk N., Prysiazhnyuk O.

The article presents the results of studies on the peculiarities of wheat yield formation under growing conditions in the Right-Bank Forest-Steppe.

The aim of the research was to determine the influence of environmental cultivation conditions on wheat grain yield. During 2020–2024, the research was conducted at the “Salyvinkivske” State Agricultural Enterprise, Bila Tserkva district, Kyiv region.

Thirty-six winter soft wheat varieties bred by research institutions of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine were studied. Indicators of yield stability and plasticity were determined according to the Eberhart-Russell method, which allows assessing crop productivity level in terms of plasticity (b), reflecting regression to changes in growing conditions, and stability (W) of this response.

The most unfavourable conditions for winter wheat grain yield formation were in 2020, when the average yield was 5.62 t/ha. However, domestic varieties that year exceeded the average yield in Ukraine by 1.82 t/ha and the average in Kyiv region by 1.34 t/ha. In 2022, the average grain yield of 7.38 t/ha ex-

ceeded the national average by 3.45 t/ha and the average yield in Kyiv region by 3.54 t/ha. The best results were obtained in 2023, when the yield reached 7.98 t/ha. It was 3.34 t/ha higher than the national average and 2.61 t/ha above the average in Kyiv region.

It was identified that, on average, the highest-yielding winter wheat varieties were Legenda Bilotserkivska and Okhtyrchanka with yields exceeding 8.0 t/ha. Yields above 7.5 t/ha were also obtained from varieties Pryvitna, Zorepad Bilotserkivskiyi, Hratiia Bilotserkivska, Mudrist Odeska, Optima Odeska, Mariia, and MIP Valensiia.

It has been determined that the following winter wheat varieties can be classified as intensive and highly plastic ones in terms of yield: Krayevyd, Kesariia Poliska, Spivanka Poliska, Pryvitna, Legenda Bilotserkivska, Zorepad Bilotserkivskiyi, Hratiia Bilotserkivska, Mudrist Odeska, Optima Odeska, Mariia, Burhunka, MIP Valensiia, Vezha Myronivska, and Okhtyrchanka. Meanwhile, genotypes that do not reduce yield under adverse weather conditions include the following varieties: Berehynia Myronivska, MIP Dniprianka, Hratiia Myronivska, and Vozdvizhenka.

Key words: wheat, yield, intensive conditions, environmental limiting factors.



Copyright: КОНОНЮК Н.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

КОНОНЮК Н.О.

<https://orcid.org/0000-0002-5313-4999>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.853.52

Сортові особливості господарської довговічності насіння сої

Кравченко В.С. , Крикун С.П. , Акінчиц Д.Л. ,
Дячук Е.С. , Невлад В.І. 

Уманський національний університет



Кравченко В.С. E-mail: Vitalii_12@ukr.net



Кравченко В.С., Крикун С.П., Акінчиц Д.Л., Дячук Е.С., Невлад В.І. Сортові особливості господарської довговічності насіння сої. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 96–102.

Kravchenko V., Krykun S., Akinchyts D., Diachuk E., Nevlad V. Varietal characteristics of the economic longevity of soybean seeds. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 96–102.

Рукопис отримано: 19.08.2025 р.

Прийнято: 03.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-96-102

У сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва одним із важливих чинників забезпечення стабільних урожаїв є збереження високої якості насіннєвого матеріалу впродовж тривалого періоду зберігання. Метою роботи було виявлення сортів сої з підвищеною господарською довговічністю насіння та встановлення основних чинників, що забезпечують збереження схожості та енергії проростання насіння впродовж трирічного зберігання.

Дослідження проводили в Уманському районі Черкаської області із використанням зразків насіння десяти сортів сої: ЕС Ментор, Галлек, ОАЦ Брук, ОАЦ Страйв, ОАЦ Лейкв'ю, Опус, ОАЦ Медок, Сигалія, Кобза, Перлина. Зразки насіння категорії СН-1 урожаю 2022 року зберігали у поліпропіленових мішках у приміщеннях без регулювання температури та вологості, що відтворювало типові умови зберігання на звичайних сільськогосподарських складах.

Отримані результати показали, що у перший рік зберігання вологість насіння залишалася в межах 9,8–13,6 % і не перевищувала критичних показників. У більшості досліджуваних сортів впродовж перших двох років зберігання схожість перевищувала 80 %, що відповідає стандартним вимогам. Сорти ОАЦ Медок, Опус, Кобза та ОАЦ Страйв виявилися найстійкішими до зниження посівних якостей: у них спостерігали найменше зменшення схожості та енергії проростання навіть на третьому році зберігання. Аналіз показав, що довговічність насіння значною мірою залежить від морфологічних характеристик сорту, зокрема від щільності насіння, товщини та структурних особливостей насіннєвої оболонки, вмісту білка та олії. Результати дослідження можуть бути використані для подальшого вдосконалення системи насінництва, оптимізації умов зберігання, а також у селекційних програмах, спрямованих на підвищення стійкості сортів до негативного впливу чинників довкілля під час зберігання.

Ключові слова: соя, сортові особливості, довговічність насіння, схожість, енергія проростання, умови зберігання, сортова стійкість, сорти сої.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соя (*Glycine max* (L.)) є однією з найважливіших зернобобових культур у світі, яка відіграє провідну роль у виробництві рослинного білка та олії [1, 2]. Завдяки високому вмісту білка (37–41 %) та олії (18–21 %), соя є ключовою культурою для продовольчої,

кормової та технічної галузей [3]. Однак, попри високу агрономічну та економічну цінність, насіння сої характеризується низькою довговічністю за умов зберігання, особливо в умовах неконтрольованого середовища [4].

Проблема збереження життєздатності насіння сої впродовж тривалого періоду зали-

пашється однією з найбільш актуальних у сфері насінництва. Господарська довговічність насіння – це здатність зберігати посівні якості (зокрема, схожість та енергію проростання) на рівні, що відповідає вимогам державного стандарту, впродовж визначеного часу [5, 6]. Як встановлено численними дослідженнями, на тривалість цього періоду істотно впливають умови післязбирального обробітку, температура, вологість, механічні пошкодження, фізіологічна стиглість насіння, а також генетичні особливості сорту [7].

За даними Patel et al. (2017), соя належить до групи культур з найменшою збережуваністю насіння серед основних олійних культур [8]. Це пояснюється тонкою насіннєвою оболонкою, високим вмістом білка та олії, а також високою вологістю свіжозібраного насіння. Balesevic-Tubic et al. (2010) встановили, що окислювальні процеси в клітинах насіння та порушення ДНК є однією з головних причин зниження життєздатності під час зберігання [9].

Водночас збереження насіння також залежить від генетичних чинників. Ряд досліджень доводять, що господарська довговічність у сої має кількісну природу та успадковується переважно за участі одного або двох генів. Zinsmeister (2020) та Pawar (2019) підкреслюють, що генотипи істотно відрізняються за здатністю зберігати схожість у процесі старіння, що відкриває перспективи для селекції [10, 11].

З огляду на глобальні кліматичні зміни, забезпечення стабільного зберігання насіння набуває ще більшої актуальності. Відомо, що підвищення температури й вологості під час зберігання спричиняє активне дихання насіння, розвиток мікроорганізмів та порушення фізіологічних процесів, що в підсумку знижує схожість [12]. Особливо негативно на довговічність впливають умови зберігання в поліпропіленових мішках без контролю температури, що характерно для багатьох насінницьких господарств України [13].

Ряд авторів зазначає, що для підвищення довговічності насіння важливо не лише оптимізувати технології зберігання, а й вивчати сортові особливості збереження посівних якостей [14, 15]. Зокрема, доведено, що сорти сої мають різну схильність до зниження схожості внаслідок старіння, що пов'язано з морфологією насіннєвої оболонки, вмістом сухих речовин і фізіологічною зрілістю.

Попри зазначені наукові дані, залишається низка невирішених питань щодо механізмів, які забезпечують довготривале збережен-

ня насіння сої різних сортів в умовах змінного клімату та неконтрольованого зберігання [16]. Особливої актуальності набуває дослідження сортів вітчизняної селекції, які пристосовані до умов Лісостепу України, зокрема Уманського району. На сьогодні недостатньо досліджень, які б оцінювали господарську довговічність насіння сучасних сортів сої в контексті реальних умов господарств без штучного контролю клімату [17].

Отже, завдання дослідження полягає у визначенні сортових особливостей господарської довговічності насіння сої в умовах зберігання без регульованого середовища; оцінюванні посівних якостей насіння (схожості, енергії проростання) впродовж трирічного періоду; виявленні сортів з підвищеною стійкістю до втрати життєздатності; обґрунтуванні рекомендацій щодо формування насіннєвого фонду для господарств Центрального Лісостепу України.

Мета дослідження – оцінювання сортових особливостей господарської довговічності насіння сої за вивчення динаміки зміни його посівних якостей у процесі зберігання.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2023–2024 рр. в Уманському районі Черкаської області. Об'єктом дослідження слугувало насіння десяти сортів сої: ЕС Ментор, Галлек, ОАЦ Брук, ОАЦ Страйв, ОАЦ Лейкв'ю, Опус, ОАЦ Медок, Сигалія, Кобза, Перлина [18]. Усі сорти рекомендовані до вирощування в Лісостепу України та внесені до Державного реєстру сортів рослин України. Насіння врожаю 2022 року (категорія СН-1) було закладено на зберігання в поліпропіленових мішках у складському приміщенні з неконтрольованими умовами мікроклімату, що максимально відтворює реальні умови зберігання на сільськогосподарських підприємствах.

Щороку з кожної партії насіння відбирали середні проби для оцінки його посівних якостей: енергії проростання, лабораторної схожості та вологості. Оцінювання проводили за чинними методиками згідно з офіційними нормативними документами [19, 20].

У дослідженні використано комплекс методів: польові (фенологічні спостереження, гібридологічний аналіз), лабораторні (біометричні показники, елементи структури врожаю, вміст сирого білка та олії в насінні), математично-статистичні (для оцінки достовірності результатів), а також обчислювальні та порівняльні (для визначення економічної ефективності). Застосування цих методів дало змогу отримати об'єктивні результати

щодо господарської довговічності насіння сої різних сортів.

Результати дослідження та обговорення. В умовах Уманського району Черкаської області було проведено дослідження господарської довговічності насіння десяти сортів сої: ЕС Ментор, Галлек, ОАЦ Брук, ОАЦ Страйв, ОАЦ Лейкв'ю, Опус, ОАЦ Медок, Сигалія, Кобза, Перлина. Згідно з ДСТУ 2240–93, насіння сої категорії СН-1 повинно мати мінімальну схожість не менше 80 % та максимальну вологість не більше 14 %. Ці критерії використовували як контрольні орієнтири для оцінювання придатності насіння до тривалого зберігання.

У перший рік зберігання показники вологості насіння варіювалися в межах від 9,8 до 13,6 %, що відповідало допустимим нормам. Впродовж наступних двох років спостерігалось поступове зниження вологості, однак вона залишалася в межах стандарту. Це свідчить про відносну стабільність фізико-хімічних властивостей насіння в умовах зберігання без контролюваного мікроклімату.

Показники лабораторної схожості насіння на першому році перевищували нормативне значення у більшості сортів, а у сортів ОАЦ Медок, Опус, Кобза та ОАЦ Страйв схожість залишалася високою навіть на другому році зберігання, що свідчить про їхню підвищену стійкість до старіння. Для інших сортів спостерігалось поступове зниження схожості, проте в межах допустимих значень. На третьому році зберігання схожість суттєво знижувалася у більшості сортів, і лише частина з них зберігала високу схожість. Зокрема, насіння сортів ОАЦ Медок, Кобза та Сигалія продемонструвало відносно високі показники

схожості – на рівні 72–74 %. У таблиці 1 наведено динаміку посівних якостей насіння сої різних сортів за роками зберігання впродовж трьох років.

Згідно з отриманими експериментальними даними (табл. 1), під час зберігання посівного матеріалу сої у насіннесховищах за умов неконтрольованого клімату та вологості насіння в межах 9,9–13,6 % відмічалися поступове зниження лабораторної схожості у більшості досліджуваних сортів. Початковий рівень лабораторної схожості був достатньо високим і коливався у межах 87–94 %.

Впродовж першого року зберігання найбільші значення схожості спостерігали у сортів ОАЦ Медок (94 %), ОАЦ Страйв (93 %) та Опус (92 %). У подальшому простежувалася закономірна тенденція до зниження життєздатності насіння. На другий рік схожість зменшилася в середньому на 5–10 %, а на третій – ще більш істотно, до рівня 64–76 % залежно від сорту.

Найвищу господарську довговічність показали сорти ОАЦ Медок (76 %), Кобза (75 %) та ОАЦ Страйв (74 %), які зберігали відносно високий рівень схожості навіть на третій рік зберігання. Водночас сорти Перлина (64 %) та Галлек (66 %) виявили найнижчі показники, що свідчить про їхню меншу стійкість до тривалого зберігання.

Результати визначення енергії проростання насіння сортів сої упродовж періоду зберігання наведено на рисунку 1. Показник енергії проростання є ключовим для характеристики посівних якостей насіння [21]. Високі значення свідчать про швидке і дружнє проростання насіння, що забезпечує рівномірні сходи та оптимальну густоту посівів.

Таблиця 1 – Динаміка посівних якостей насіння сої різних сортів за роками зберігання

Сорт	Вологість, % (рік 1)	Схожість, % (рік 1)	Схожість, % (рік 2)	Схожість, % (рік 3)
ЕС Ментор	11,9	91	84	70
Галлек	12,7	89	80	66
ОАЦ Брук	12,1	88	79	68
ОАЦ Страйв	11,3	93	87	74
ОАЦ Лейкв'ю	12,4	90	81	69
Опус	10,8	92	85	73
ОАЦ Медок	9,9	94	88	76
Сигалія	10,4	90	83	72
Кобза	10,2	91	86	75
Перлина	13,6	87	78	64

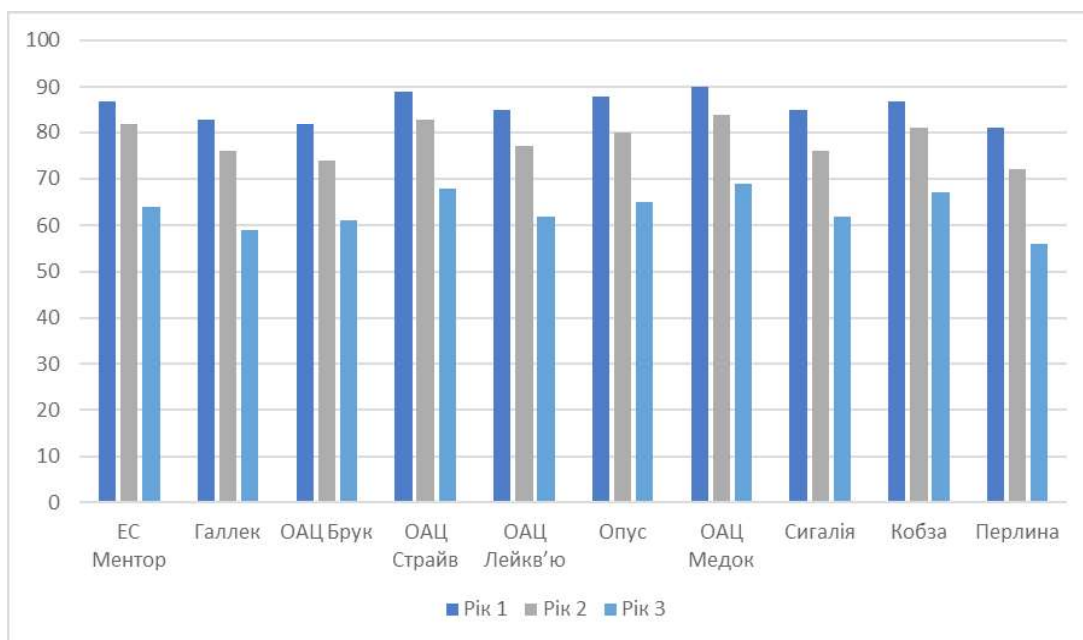


Рис. 1. Енергія проростання насіння сортів сої за роками зберігання, %.

Як видно з наведених даних, у перший рік зберігання більшість сортів демонстрували високий рівень енергії проростання (81–90 %), що свідчить про їхню добру посівну якість. На другому році зберігання простежувалося поступове зниження показника у всіх сортів, найбільш помітне у Галлека, ОАЦ Брука, Сигалії та Перлини, тимчасом ЕС Ментор, Опус, Кобза, ОАЦ Страйв, ОАЦ Лейкв'ю та ОАЦ Медок зберегли відносно вищий рівень енергії проростання. До третього року зберігання більш суттєве зниження спостерігалося у сортів Перлина (56 %), Галлек (59 %) та ОАЦ Брук (61 %), що зменшує їх придатність для сівби. Натомість ЕС Ментор (64 %), Кобза (67 %), ОАЦ Страйв (68 %) та особливо ОАЦ Медок (69 %) зберегли відносно високі показники, що підтверджує їх господарську цінність і життєздатність насіння навіть після трьох років зберігання.

Отже, за результатами дослідження встановлено, що різні сорти сої по-різному реагують на зберігання за неконтрольованих умов, і вирішальним чинником для їхньої господарської довговічності є початковий рівень схожості та вологості насіння у перший рік.

Висновки. У результаті проведених досліджень в умовах Уманського району Черкаської області встановлено, що насіння сої різних сортів характеризується неоднаковим рівнем господарської довговічності під час зберігання у неконтрольованих умовах на-

сіннесховищ. Початкові показники вологості насіння (9,9–13,6 %) та лабораторної схожості (87–94 %) відповідали вимогам ДСТУ 2240–93, що підтвердило придатність посівного матеріалу до тривалого зберігання. Це свідчить про те, що навіть без контрольованого мікроклімату насіння сої зберігає достатню стабільність фізико-хімічних властивостей впродовж перших років зберігання.

У перший рік схожість насіння залишалася високою у більшості сортів, особливо у сортів ОАЦ Медок (94 %), ОАЦ Страйв (93 %) та Опус (92 %). На другий рік показники поступово знижувалися в середньому на 5–10 %, однак залишалися у межах, які дозволяють використовувати насіння для сівби. На третій рік відбулося більш інтенсивне зниження лабораторної схожості – до рівня 64–76 % залежно від сорту, що свідчить про початок активних процесів старіння насіння.

Найвищу господарську довговічність продемонстрували сорти ОАЦ Медок (76 %), Кобза (75 %) та ОАЦ Страйв (74 %), які зберігали відносно високі показники життєздатності навіть після трьох років зберігання. Це дає підстави рекомендувати їх для довшого використання як посівного матеріалу у виробничих умовах. Водночас сорти Перлина (64 %) та Галлек (66 %) показали найнижчу стабільність, що обмежує можливість їх тривалого зберігання без помітного погіршення посівних якостей.

Додатково було визначено динаміку енергії проростання насіння, яка є важливим критерієм посівної якості. У перший рік більшість сортів демонстрували показники на рівні 81–90 %, що забезпечувало дружні та рівномірні сходи. Проте вже на другому році чітко проявилось зниження цього показника у сортів Галлек, ОАЦ Брук, Сигалія та Перлина. До третього року найнегативніші зміни були характерні для сортів Перлина (56 %), Галлек (59 %) та ОАЦ Брук (61 %), тимчасом ЕС Ментор (64 %), Кобза (67 %), ОАЦ Страйв (68 %) та ОАЦ Медок (69 %) зберегли відносно високий рівень енергії проростання. Це підтвердило відмінності між сортами за здатністю до тривалого зберігання та вказало на їхню різну господарську довговічність.

Результати дослідження свідчать, що вибір сорту є одним із ключових чинників, які визначають довговічність та життєздатність насіння сої під час зберігання. Найбільш перспективними для тривалого зберігання без значної втрати посівних якостей виявилися сорти ОАЦ Медок, Кобза та ОАЦ Страйв, тимчасом Перлина і Галлек виявили обмежену стабільність.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення сортів сої для більш повного вивчення закономірностей формування господарської довговічності насіння у різних генотипів. Особливу увагу необхідно приділити вивченню впливу технологічних чинників – умов сушіння насіння, рівня вологості перед закладанням на зберігання, типу тари та упаковки. Важливим є також визначення значення біохімічних показників (вміст білка, олії, активність антиоксидантних систем), які можуть слугувати маркерами життєздатності насіння під час тривалого зберігання.

Перспективним напрямом є проведення порівняльних досліджень у різних умовах – у спеціалізованих насіннесховищах із контрольованим мікрокліматом та у звичайних складських приміщеннях. Це дозволить оцінити ефективність сучасних технологій збереження та надати практичні рекомендації для виробників.

Крім того, подальші пошуки мають бути спрямовані на визначення оптимальних строків використання насіння сої різних сортів у сівбі залежно від умов його зберігання. Науково обґрунтовані рекомендації допоможуть аграріям зменшити ризики втрати посівних якостей насіння, оптимізувати строки його використання та підвищити ефективність виробництва сої в умовах Центрального Лісостепу України та інших регіонів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Estimation of genetic parameters in soybean for yield and morphological characters / A. Ali et al. Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences. 2016. 32. P. 162–168. URL: <https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/Morphological-Characterization-and-Estimation-of-Genetic-Parameters-in-Soya-Bean.pdf>
2. Hodge S., Merfield C.N., Liu W.Y.Y., Tan H.W. Seedling Responses to Organically-Derived Plant Growth Promoters: An Effects-Based Approach. Plants (Basel). 2021. 10(4). 660 p. DOI: 10.3390/plants10040660
3. Soybean Outlook-October 2019. Telangana State Agricultural University, Rajendranagar, Hyderabad. 2019. URL: <https://www.pjtau.edu.in/files/AgriMkt/2019/oct/Soyabean-October-2019.pdf>
4. Chavan P.S. Effect of seed coating on seed quality and yield of soybean [Glycine max (L.) Merrill]. M.Sc. thesis. Vasantrao Naik Marathwada Krishi Vidyapeeth, Prabhani, India. 2019. P. 25–42. DOI: 10.15740/HAS/IJPS/15.2/116-120
5. Мазур О.В. Оцінка сортотразків сої за комплексом цінних господарських ознак. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 12. С. 98–115. URL: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/20282.pdf>
6. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В., Дянова А.О., Мирний М.В. Сорти сої для Степу та Лісостепу України. Вісник ПДАА. 2021. 1. С. 135–140. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.16
7. Панцирева Г.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на зернову продуктивність зернобобових культур в умовах правобережного Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. Вип. 5 (87). С. 1–9.
8. Patel J.B., Sondarva J., Babariya C.A., Rathod R.R. Effect of different storage conditions and seed treatments on seed viability in soybean (Glycine max (L.) Merrill). Journal of Applied and Natural Science. 2017. 9. P. 245–252.
9. Seed viability of oil crops depending on storage conditions / S. Balesevic-Tubic et al. Helia. 2010. 33. P. 153–159. DOI: 10.2298/HEL1042153B
10. Zinsmester J., Leprince O., Buitink J. Molecular and environmental factors regulation seed longevity. Biochemical Journal. 2020. 477. P. 305–323. DOI: 10.1042/BCJ20190364
11. Biochemical and molecular marker based screening of seed longevity in soybean (Glycine max L. Merrill) / P.V. Pawar et al. Legume Research – An International Journal. 2019. 42. P. 575–584. DOI: 10.18805/LR-3755
12. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. Адаптивний потенціал сортів сої в умовах зміни клімату. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 2020. С. 138–141.
13. Циганська О.І. Вплив мінеральних добрив та позакореневого підживлення мікроелементами на якісні показники зерна сортів сої. Сільське господарство та лісівництво. 2018. Вип. 8. С. 78–86.

14. Storability of sunflower seeds harvested at different maturity dates / C.R. Mahesha et al. *Seed Research*. 2001. 29. P. 98–102.

15. Biochemical changes in naturally aged seeds of soybean genotypes with good and poor storability / H.P. Vijayakumar et al. *Legume Research – An International Journal*. 2019. 42. P. 782–788. DOI: 10.18805/LR-432

16. Гарбар Л.А., Довбаш Н.І., Венгер В.В. Формування продуктивності сої за впливу інокуляції, удобрення, стимуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2022. (14). С. 12–17. DOI: 10.32848/agra.innov.2022.14.2

17. Ревтьо О.Я., Золін О.О. Особливості вирощування сої за умов зміни клімату (оглядова). *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 105–112. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.133.15

18. Дудка А.А., Мельник А.В. Сортові особливості формування продуктивності сої залежно від норм добрив та позакореневого підживлення в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія*. 2023. 2 (52). С. 28–37. DOI: 10.32782/agrobio.2023.2.4

19. Соя: модель сорту, новостворені неопушені лінії, насінництво, фітосанітарний стан посівів: колективна монографія / за ред. Л.Г. Білявської. Полтава: ПДАУ, 2023. 187 с.

20. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: чинний від 2004-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 173 с.

21. Вплив гідротермічних чинників довкілля на врожайність та біохімічний склад насіння сої / С.С. Рябуха та ін. *Селекція і насінництво*. 2019. № 115. С. 93–102. DOI: 10.30835/2413-7510.2019.172785

REFERENCES

1. Ali, A., Khan, S.A., Ehsanullah, Ali, N. Husain, I. (2016). Estimation of genetic parameters in soybean for yield and morphological characters. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*. Vol. 32, pp. 162–168. Available at: <https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/Morphological-Characterization-and-Estimation-of-Genetic-Parameters-in-Soya-Bean.pdf>

2. Hodge, S., Merfield, C.N., Liu, W.Y.Y., Tan, H.W. (2021). Seedling Responses to Organically-Derived Plant Growth Promoters: An Effects-Based Approach. *Plants (Basel)*. Vol. 10(4), 660 p. DOI: 10.3390/plants10040660

3. Soybean Outlook-October 2019. Telangana State Agricultural University, Rajendranagar, Hyderabad. 2019. Available at: <https://www.pjtau.edu.in/files/AgriMkt/2019/oct/Soyabean-October-2019.pdf>

4. Chavan, P.S. (2019). Effect of seed coating on seed quality and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). M.Sc. thesis. Vasantrao Naik Marathwada Krishi Vidyapeeth. Prabhani, India, pp. 25–42. DOI: 10.15740/HAS/IJPS/15.2/116-120

5. Mazur, O.V. (2019). Otsinka sortozrazkiv soi za kompleksom tsinnykh hospodarskykh oznak [Evaluation of soybean varieties by a complex of valuable economic traits]. *Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]*. no. 12, pp. 98–115. Available at: <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/20282.pdf>

6. Biliavska, L.H., Biliavskiy, Yu.V., Diianova, A.O., Myrnyi, M.V. (2021). Sorty soi dlia Stepu ta Lisostepu Ukrainy [Soybean varieties for the Steppe and Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]*. no. 1, pp. 135–140. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.16

7. Pansyeva, H.V. (2020). Vplyv tekhnologichnykh pryimiv vyroshchuvannya na zernovu produktyvnist zernobobovykh kultur v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Effect of cultivation techniques on grain productivity of legumes in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific Reports of NULES of Ukraine]*. Issue 5(87), pp. 1–9.

8. Patel, J.B., Sondarva, J., Babariya, C.A., Rathod, R.R., Bhatiya, V.J. (2017). Effect of different storage conditions and seed treatments on seed viability in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Journal of Applied and Natural Science*. Vol. 9, pp. 245–252.

9. Balesevic-Tubic, S., Tatic, M., Dordevic, V., Nikolic, Z., Dukic, V. (2010). Seed viability of oil crops depending on storage conditions. *Helia*. Vol. 33, pp. 153–159. DOI: 10.2298/HEL1042153B

10. Zinsmester, J., Leprince, O., Buitink, J. (2020). Molecular and environmental factors regulation seed longevity. *Biochemical Journal*. Vol. 477, pp. 305–323. DOI: 10.1042/BCJ20190364

11. Pawar, P.V., Naik, R.M., Deshmukh, M.P., Satbhai, R.D., Mohite, S.G. (2019). Biochemical and molecular marker based screening of seed longevity in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Legume Research – An International Journal*. Vol. 42, pp. 575–584. DOI: 10.18805/LR-3755

12. Biliavska, L.H., Biliavskiy, Yu.V. (2020). Adaptivnyi potentsial sortiv soi v umovakh zminy klimatu. Klimatychni zminy ta sil's'ke hospodarstvo [Adaptive potential of soybean varieties under climate change. Climate Change and Agriculture]. *Vyklyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity: materialy III Mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii' [Challenges for Agrarian Science and Education: proceedings of the 3rd International Scientific-Practical Conference]*. Kyiv, pp. 138–141.

13. Tsyhanska, O.I. (2018). Vplyv mineralnykh dobryv ta pozakorenevoho pidzhyvlennia mikroelementamy na yakisni pokaznyky zerna sortiv soi [Effect of mineral fertilizers and foliar feeding with microelements on grain quality of soybean varieties]. *Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]*. Issue 8, pp. 78–86.

14. Mahesha, C.R., Channaveeraswami, A.S., Kurdikeri, M.B., Shekhargouda, M., Merwede, M.N. (2001). Storability of sunflower seeds harvested at different maturity dates. *Seed Research*. Vol. 29, pp. 98–102.

15. Vijayakumar, H.P., Vijayakumar, A., Sri-mathi, P., Somasundaram, G., Rajendra Prasad, S., Natarajan, S., Dhandapani, R., Boraiah, K.M., Vishwanath, K. (2019). Biochemical changes in naturally aged seeds of soybean genotypes with good and poor storability. *Legume Research – An International Journal*. Vol. 42, pp. 782–788. DOI: 10.18805/LR-432

16. Harbar, L.A., Dovbash, N.I., Venher, V.V. (2022). Formuvannya produktyvnosti soi za vplyvu inokulatsii, udobrennia, stimulatoriv rostu [Formation of soybean productivity under inoculation, fertilization and growth stimulants]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]*. no. 14, pp. 12–17. DOI: 10.32848/agarar.innov.2022.14.2

17. Revtio, O.Ya., Zolin, O.O. (2023). Osoblyvosti vyroshchuvannya soi za umov zminy klimatu (ohl'iadova) [Peculiarities of soybean cultivation under climate change (review)]. *Tavriiskyi naukovi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]*. no. 133, pp. 105–112. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.133.15

18. Dudka, A.A., Melnyk, A.V. (2023). Sortovi osoblyvosti formuvannya produktyvnosti soi zalezho vid norm dobrov ta pozakorenevoho pidzhyvlenia v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Varietal peculiarities of soybean productivity formation depending on fertilizer rates and foliar feeding in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Sums'koho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia i biolohiia [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology]*. Vol. 2(52), pp. 28–37. DOI: 10.32782/agrobio.2023.2.4

19. Biliavska, L.H. (2023). Soia: model sortu, novostvoreni neopusheni linii, nasinnytstvo, fitosanitarnyi stan posiviv [Soybean: variety model, newly created glabrous lines, seed production, phytosanitary condition of crops]. *Poltava, PDAA*, 187 p.

20. DSTU 4138-2002. Nasinnia sil's'kohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods for quality determination]. Kyiv, 2002, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 173 p.

21. Riabukha, S.S., Chernyshenko, P.V., Sviatchenko, S.I., Sadovoi, O.O., Teslia, T.O. (2019). Vplyv hidroteplichnykh chynnykiv dovkillia na vrozhaist ta biokhimichni sklad nasinnia soi [Effect of hydrothermal environmental factors on yield and biochem-

ical composition of soybean seeds]. *Selektsiia i nasinnytstvo [Breeding and Seed Production]*. no. 115, pp. 93–102. DOI: 10.30835/2413-7510.2019.172785

Varietal characteristics of the economic longevity of soybean seeds

Kravchenko V., Krykun S., Akinchyts D., Diachuk E., Nevlad V.

In modern agricultural production one of the key factors in ensuring stable yields is maintaining of high-quality seed material during long-term storage. The purpose of the study was to identify soybean varieties with increased seed longevity and to determine the main factors influencing the preservation of seed germination scapacity and seed vigor during three years of storage.

The research was carried out in Uman district, Cherkasy region using seed samples of ten soybean varieties: ES Mentor, Halleck, OAC Brook, OAC Straiv, OAC Lakeview, Opus, OAC Medoc, Sigalia, Kobza, and Perlyna. Seed samples of category SN-1 harvested in 2022 were stored in polypropylene bags in premises without temperature and humidity control, which reproduced typical storage conditions of conventional agricultural warehouses.

The results showed that during the first year of storage, seed moisture content remained within the range of 9.8–13.6 % and did not exceed critical values. In most of the varieties studied, seed germination exceeded 80 % during the first two years of storage, which meets standard requirements. The varieties OAC Medoc, Opus, Kobza, and OAC Strive proved to be the most resistant to deterioration in sowing qualities: they showed the least decrease in germination and germination energy even in the third year of storage. The analysis showed that seed longevity largely depends on the morphophysiological characteristics of the variety, particularly seed density, thickness and structural features of the seed coat, and protein and oil content. The research results can be applied to further improvement of seed production system, optimization of storage conditions, as well as in selection programs aimed at resistance enhancing of varieties to adverse environmental factors during storage.

Key words: soybean, varietal characteristics, seed longevity, germination, viability, storage conditions, varietal resistance, soybean varieties.



Copyright: Кравченко В.С. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:

Кравченко В.С.

Крикун С.П.

Акінчиц Д.Л.

Дячук Е.С.

Невлад В.І.

<https://orcid.org/0000-0003-4873-5367>

<https://orcid.org/0009-0005-1543-7189>

<https://orcid.org/0009-0007-8994-1040>

<https://orcid.org/0009-0006-7311-9784>

<https://orcid.org/0000-0002-3889-6792>



АГРОНОМІЯ

УДК 633.854.78. 631.811.98

**Вплив елементів технології вирощування
на продуктивність соняшнику
в умовах Західного Полісся**Курач О.В. , Андрощук О.О. 

Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН України



Курач О.В., Андрощук О.О. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність соняшнику в умовах Західного Полісся. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 103–113.

Kurach O., Androshchuk O. The influence of cultivation technology elements on sunflower productivity in the conditions of Western Polissia. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 103–113.

Рукопис отримано: 03.07.2025 р.

Прийнято: 18.07.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-103-113

Внесення мінерального удобрення та позакореневого підживлення стимуляторами росту покращують ріст і розвиток рослин, показники структури врожаю, що впливає на продуктивність соняшнику.

Метою роботи було встановлення особливостей формування врожаю та якості насіння соняшнику в умовах Західного Полісся залежно від біологічного потенціалу досліджуваного гібрида Годувальник, різних доз мінеральних добрив та позакореневого внесення стимуляторів росту.

Встановлено, що в результаті проведених досліджень удосконалена технологія вирощування соняшнику в умовах Західного Полісся, яка передбачає мінеральне удобрення у дозах $N_{90}P_{60}K_{120}$ та $N_{60}P_{30}K_{90}$ сумісно із позакореневим внесенням стимуляторів росту Вимпел 2 (0,5 л/га) і Гроу Аміно (1 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків. Найбільший діаметр кошика 24,1 і 23,6 см та кількість кошиків 6,1 і 5,9 шт./м² виявлено за дози $N_{90}P_{60}K_{120}$ і $N_{60}P_{30}K_{90}$ в поєднанні із дворазовим застосуванням Вимпел 2 (0,5 л/га) у фазі 4 і 5–6 листків, тимчасом на варіанті без добрив ці показники були значно нижчими – 18,9 см і 4,4 шт./м² відповідно. Маса 1000 насінин змінювалась залежно від удобрення і була найвищою за внесення $N_{90}P_{60}K_{120}$ та $N_{60}P_{30}K_{90}$ в поєднанні із дворазовим позакореневим підживленням рослин Вимпел 2 (0,5 л/га) – 52,6 і 51,8 г і Гроу Аміно (1 л/га) – 50,0 і 48,6 г, а найменше значення досліджуваного показника (40,4 г) зафіксовано на варіанті без добрив.

Найбільший урожай соняшнику (гібрид Годувальник) в умовах Західного Полісся було одержано за мінерального удобрення в дозах $N_{90}P_{60}K_{120}$ та $N_{60}P_{30}K_{90}$ сумісно із позакореневим підживленням рослин стимуляторами росту Вимпел 2 (0,5 л/га) і Гроу Аміно (1 л/га), який становив 2,91–3,18 т/га, вихід олії – 1,59–1,73 т/га.

Ключові слова: соняшник, система удобрення, стимулятор росту, позакореневе підживлення, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) посідає одну з ключових позицій світового ринку з виробництва та експорту. Збільшення посівних площ та підвищення культури землеробства обумовили зростання валового збору насіння соняшнику [1, 2].

Насіння сучасних сортів і гібридів містить 50–54 % олії з високими споживчими

та смаковими якостями. Порівняно з іншими олійними культурами соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг/га). На соняшникову олію припадає 98 % загального виробництва олії в Україні [3].

Соняшник є досить вимогливою культурою до умов мінерального живлення: потребує азотних, фосфорних, калійних добрив, а також мікроелементів. Максимально

високий прибуток можливо отримати лише за умови збалансованої системи удобрення [4].

Ця культура має довгий період засвоєння поживних речовин, тому і виносить велику кількість елементів живлення з них: азоту і фосфору – в 1,6–2 рази, калію – в 6–10 разів більше, ніж зернові культури. Для формування 1 т насіння та відповідної кількості побічної продукції винос становить: N – 50–60 кг, P_2O_5 – 25–30 кг, K_2O – 150–180, Ca – 14 і Mg – 12 кг. Загалом для одержання врожайності насіння 3 т/га господарський винос поживних речовин соняшником становив: азоту 135–180 кг/га, фосфору – 75–90 кг, калію – 450–500, кальцію – 35–45 і магнію – 30–35 кг/га [5, 6].

У живленні соняшнику виділяють три періоди: від появи сходів до формування кошиків, коли рослини помірно засвоюють азот і калій та посилено фосфор; від початку формування кошика до початку цвітіння, коли рослини засвоюють інтенсивно всі елементи живлення; від початку цвітіння до початку наливання сім'янок, дозрівання – рослини знову помірно засвоюють азот і фосфор та посилено калій [7].

Для отримання запланованої урожайності соняшнику достатня забезпеченість рослин елементами живлення після сходів має ключове значення. У разі нестачі у цей період азоту закладається значно менше листя та квіток. Забезпечення цим елементом сприяє утворенню великої поверхні і маси листя, яке повільніше старіє та у ньому створюється резерв азотовмісних органічних сполук для подальшого їх переміщення у насіння під час наливу. Максимальне споживання азоту з ґрунту спостерігається у фазу бутонізації. Залежно від ґрунтових умов оптимальні дози азоту становлять у межах 30–60 кг/га [8].

Азот є обов'язковим елементом для росту рослин, за його нестачі зменшується вміст хлорофілу в листках, вони стають жовтими і суттєво поступаються за розміром. Внесення великої кількості азотних добрив сприяє надмірному розвитку вегетативної маси, що різко послаблює посухостійкість культури, тому слід вносити азот чітко відповідно до потреб виносу за нормативним методом [9].

Фосфор потрібен рослинам вже на початку вегетації, тому що дефіцит фосфору у цей період не може бути компенсований внесенням цієї речовини пізніше. Соняшник споживає фосфору відносно невелику кіль-

кість. Проте з метою формування повноцінної кореневої системи, квіток та утворення олії важливо забезпечити нормальне живлення цим елементом [10].

Нестача калію у рослин зумовлює багато порушень обміну речовин, знижує діяльність ферментів, вуглеводний і білковий обмін, збільшує витрати органічних речовин – продуктів фотосинтезу через інтенсифікацію дихання. Зовні калійний дефіцит помітний насамперед на листках нижніх ярусів: вони передчасно жовтіють і відмирають [11].

Ефективним під соняшник є внесення повного мінерального добрива навесні локально на глибину 12–14 см. Високі результати забезпечує рядкове внесення добрив під час сівби $N_{10-15}P_{15-30}$ у вигляді комплексних добрив, урожайність зростає на 0,2–0,3 т/га [12].

За результатами досліджень в умовах Центрального Полісся України на дерново-підзолистих ґрунтах доведено, що використання мінерального удобрення у дозі $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{46}$ (нітроамофос 200 кг + карбамід 75 кг) сприяло формуванню врожаю насіння соняшнику 1,66 т/га [13].

В умовах Лівобережного Лісостепу України внесення дози добрив $N_{32}P_{32}K_{32}$ + обробка посівів карбамідом (10 кг/га) забезпечило урожайність насіння соняшнику 3,14–3,19 т/га, за удобрення $N_{32}P_{32}K_{32}$ + гумат калію (0,4 л/га) врожайність збільшилась на 0,28–0,40 т/га до контролю (без добрив) [14].

Доведено, що на чорноземах опідзолених внесення добрив в основне удобрення збільшило діаметр кошика у гібридів соняшнику на 15,5–19,0 %. За поєднання мінерального удобрення з позакореневим підживленням комплексним добривом “Ярило” діаметр кошика зріс на 0,5–0,9 см, маса 1000 насінин змінювалась від 58,9 до 72,7 г, урожайність насіння варіювала у межах 1,54–3,11 т/га [15].

Швидкість засвоєння елементів живлення із добрив через листки значно вища, ніж через кореневу систему, однак обсяги їх засвоєння через листки – обмежені. Зокрема, фосфор, калій, кальцій не можуть бути засвоєні в значній кількості листками, натомість потребу в мікроелементах можна забезпечити через поглинання листками на 100 % [16].

Одним із дієвих напрямів збалансування поживних речовин є позакореневе підживлення, яке швидко та цілеспрямовано урівноважує дисбаланс елементів живлення у рослинах під час несприятливих погодних

умов і послаблений стан ґрунту, коли знижується їх ефективність поглинання кореневою системою. Позакореневе підживлення сприяє швидкому постачанню елементів живлення у період найбільшої максимальної потреби на певних стадіях росту рослин [17].

Нині і на перспективу важливою науковою проблемою є підвищення продуктивності рослин, якості насіння, економічної та енергетичної ефективності технології вирощування соняшнику завдяки підбору гібридного складу, застосуванню науково обґрунтованої системи удобрення, зокрема використання для позакореневого підживлення рослин комплексних добрив та стимуляторів росту [18, 19].

Мета дослідження – встановити особливості формування врожаю та якості насіння соняшнику в умовах Західного Полісся залежно від біологічного потенціалу досліджуваного гібрида, різних доз мінеральних добрив та позакореневого внесення стимуляторів росту.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. в Інституті сільського господарства Західного Полісся у польовій сівозміні на чорноземі типовому слабогумусованому легкосуглинковому, який має наступні агрохімічні показники 0–30 см шару: вміст гумусу за Тюрнімом – 1,96 %, вміст сполук лужногідролізованого азоту за Корнфільдом – 79,2 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (P_2O_5) та рухомого калію (K_2O) за Кірсановим – відповідно 251 і 109 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{сол.}}$ – 6,2, гідролітична кислотність за Каппеном – 1,14 м-екв/100 г ґрунту.

Основою досліджень слугував гібрид соняшнику селекції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН – Годувальник; система удобрення: 1. Без добрив (контроль). 2. N_{60} . 3. $N_{60}P_{30}$. 4. $N_{60}K_{90}$. 5. $N_{60}P_{30}K_{90}$. 6. $N_{90}P_{60}K_{120}$; позакореневе підживлення: 1. Без оброблення (контроль). 2. Вимпел 2 (0,5 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків. 3. Гроу Аміно (1 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків.

Гібрид Годувальник належить до середньоранньої групи стиглості, олійного напрямку використання, лінолевого типу, стійкий до осипання.

Мінеральні добрива вносили згідно зі схемою досліду у формі аміачної селітри, амофосу, хлористого калію. Позакореневе підживлення рослин проводили стимулято-

ром росту Вимпел 2 (0,5 л/га), до складу якого входять гумінові кислоти – до 30 г/л, багатоатомні спирти – 300 г/л, карбонові кислоти природного походження – 3,0 г/л; Гроу Аміно – комплексний препарат, стимулятор росту, антистресант, який містить амінокислоти, солі гумінових і фульвокислот, бурштинову кислоту, карбонові кислоти, біогормональний комплекс і мікроелементи.

Захист культури від хвороб, шкідників і бур'янів проводили за інтенсивною технологією.

Результати досліджень та обговорення.

Для отримання високих врожаїв насіння соняшнику першорядне значення має діаметр кошика і його форма [20, 21].

Доведено, що за роки досліджень діаметр кошика соняшнику залежав від позакореневого внесення стимуляторів росту та удобрення. Щодо факторів і варіантів найбільший діаметр кошика 24,1 см був у гібрида Годувальник в поєднанні із дворазовим позакореневим підживленням рослин Вимпел 2 (0,5 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків та за підвищеної дози удобрення $N_{90}P_{60}K_{120}$, тимчасом на варіанті без добрив (контроль) ці показники були нижчими на 12,7 % (рис. 1).

Позакореневе підживлення рослин стимулятором росту Гроу Аміно (1 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків у поєднанні із удобренням $N_{90}P_{60}K_{120}$ було ефективним і позитивно вплинуло на формування кошика, діаметр якого був 23,6 см, тимчасом на контролі без добрив (контроль) цей показник становив 18,9 см.

Висота рослин має важливе значення у формуванні врожаю соняшнику. Ряд авторів виявили значні позитивні кореляції між урожайністю насіння і висотою рослини [22, 23].

Найбільший вплив на висоту соняшнику гібрида Годувальник було зафіксовано за рекомендованої системи удобрення $N_{90}P_{60}K_{120}$ в поєднанні з позакореневим підживленням рослин Вимпел 2 (0,5 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків, де вона становила 226 см, тимчасом на варіанті без добрив (контроль) цей показник був найменшим – 175 см (рис. 2).

За внесення у позакореневе підживлення стимулятора росту Гроу Аміно (1 л/га) на фоні удобрення $N_{90}P_{60}K_{120}$ висота рослин соняшнику становила 220 см і суттєво не відрізнялась від варіанта із застосуванням Вимпел 2 (0,5 л/га) та була вищою за контроль на 12,5 %.

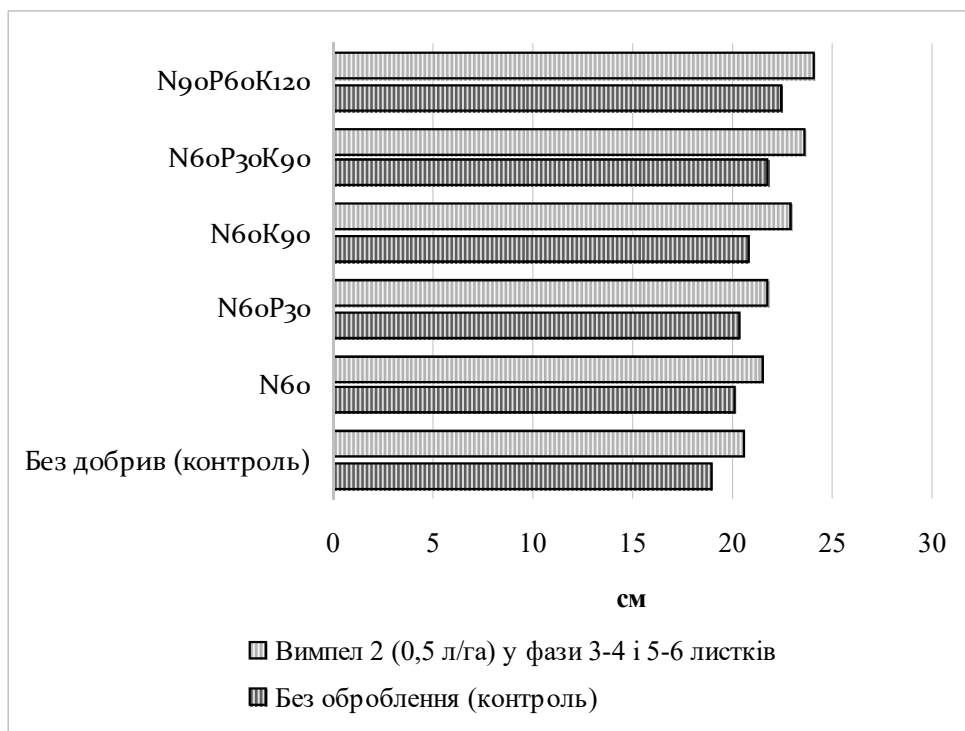


Рис. 1. Діаметр кошика соняшнику залежно від позакореневого підживлення рослин та удобрення, см (середнє за 2021–2023 рр.).

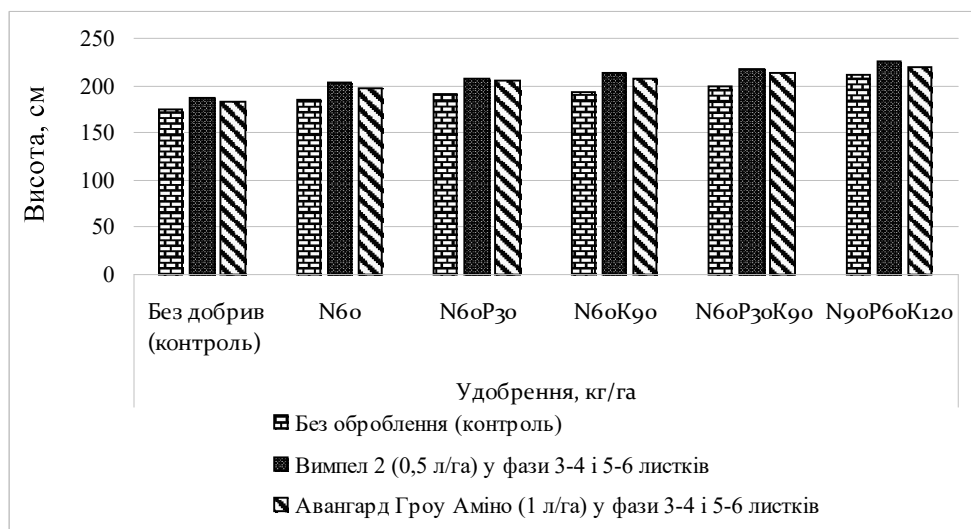


Рис. 2. Висота соняшнику залежно від позакореневого підживлення рослин та удобрення, см (середнє за 2021–2023 рр.).

Встановлено, що дози удобрення та позакореневого підживлення мали певний вплив на кількість кошиків соняшнику. Найбільшу кількість кошиків – 6,1 і 5,9 шт./м² відмічено за удобрення N₉₀P₆₀K₁₂₀ та підживлення Вимпел 2 (0,5 л/га) і Гроу Аміно (1 л/га) у фази 3–4 і 5–6 листків, тимчасом на контролі (без добрив) цей показник був нижчим – 4,4 шт./м².

Також доведено, що за внесення добрив у дозі N₆₀P₃₀K₉₀ в поєднанні із стимуляторами росту збільшилась кількість кошиків на 25–26 % відносно контролю. Застосування удобрення N₆₀K₉₀ і стимуляторів росту сприяло формуванню кошиків у межах 5,7–5,8 шт./м², та перевищувало контроль на 21–24 % (рис. 3).

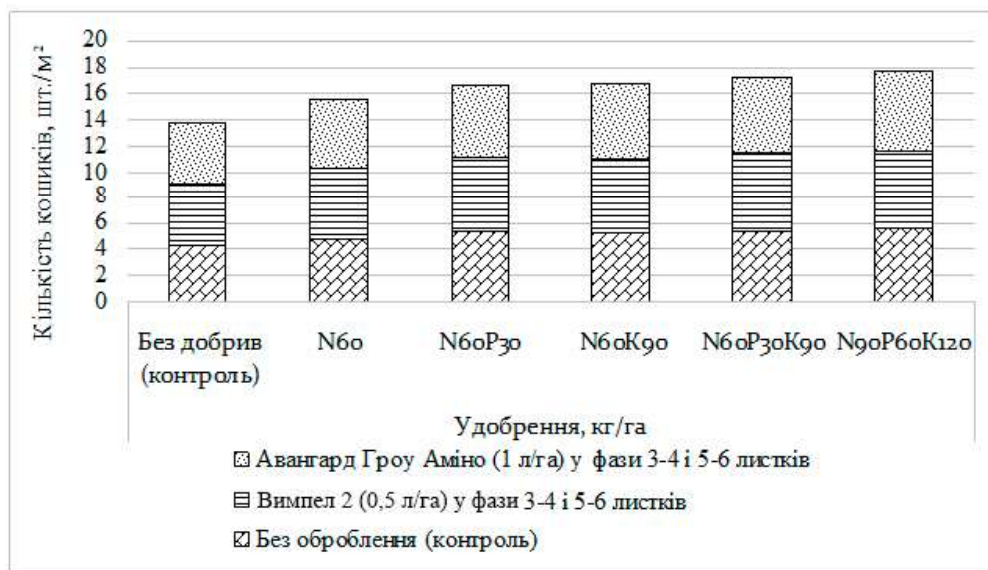


Рис. 3. Кількість кошиків соняшнику залежно від позакореневого підживлення рослин та удобрення, шт./м² (середнє за 2021–2023 рр.).

Кількість насінин у кошику та їх маса тісно пов'язані з урожайністю соняшнику, що є позитивною залежністю. Водночас низка чинників впливають на ці показники. Серед них першорядне значення відіграє кількість утворених рослиною трубчастих квіток, які можуть суттєво змінитися під впливом умов вирощування на початкових етапах онтогенезу рослини соняшнику [24, 25].

Дослідженнями встановлено, що у варіанті без добрив (контроль) за обмолочування кошиків соняшнику спостерігається зменшення маси насіння (36,7), тимчасом застосування стимуляторів росту рослин Вимпел 2 (0,5 л/га) та Гроу Аміно (1 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків сумісно із удобренням $N_{90}P_{60}K_{120}$ забезпечило формування максимальної маси насіння – 52,8 і 52,1 г відповідно.

За дози удобрення $N_{60}P_{30}K_{90}$ і внесення стимуляторів росту у підживлення маса насіння з одного кошика становила 50,5–52,2 г, що вище за контроль на 11,2–12,6 г (рис. 4).

Доведено, що для гібрида Годувальник маса 1000 насінин була найбільшою і коливалась від 50,0 г до 52,6 г за внесення у позакоренеve підживлення рослин Вимпел 2 (0,5 л/га) та Гроу Аміно (1 л/га) у фазі 3–4 і 5–6 листків і удобрення $N_{90}P_{60}K_{120}$ (рис. 5).

Аналогічну закономірність відмічали за дози добрив $N_{60}P_{30}K_{90}$, де маса 1000 насінин за внесення стимуляторів росту становила у межах 48,6–51,8 г. Різниця між кращими ($N_{90}P_{60}K_{120}$ і $N_{60}P_{30}K_{90}$) та найгіршими з удо-

бренням варіантами у формуванні маси 1000 насінин дорівнювала в середньому 8,2–12,2 г.

У дослідженнях Л.А. Покопцевої і О.А. Єременко [26] доведено, що продуктивність соняшнику зростає завдяки покращенню елементів структури врожайності. У середньому за роки досліджень, застосування різних доз добрив та підживлення рослин соняшнику стимуляторами росту неоднаковою мірою вплинули на показники продуктивності і приріст врожаю, проте позитивна дія цих агрозаходів порівняно з контролем (без добрив) коливалася у межах 0,40–1,33 т/га (табл. 1).

Найбільший приріст врожаю насіння 1,26–1,33 т/га відмічено за дози добрив $N_{60}P_{30}K_{90}$ та $N_{90}P_{60}K_{120}$ із внесенням стимулятора росту Вимпел 2 (0,5 л/га). Застосування у позакоренеve підживлення Вимпел 2 (0,5 л/га) обумовило вищий рівень приросту врожаю в усіх досліджуваних варіантах від – 16,4 до 27,0 %. Стимулятор росту Гроу Аміно (1 л/га) забезпечив приріст врожаю, який коливався у межах від 11,9 до 18,8 %, відносно контролю. За результатами досліджень найвищий урожай насіння 3,18 т/га було сформовано за внесення $N_{90}P_{60}K_{120}$ і Вимпел 2 (0,5 л/га).

Одним із головних показників якості насіння соняшнику є вміст та вихід олії, в середньому доведено, що він коливався у межах 44,6–55,9 % на варіантах з удобренням і 46,7 % – на контролі (без добрив), вихід олії становив 0,93–1,73 т/га, приріст – 0,19–0,87 т/га відповідно (табл. 2).

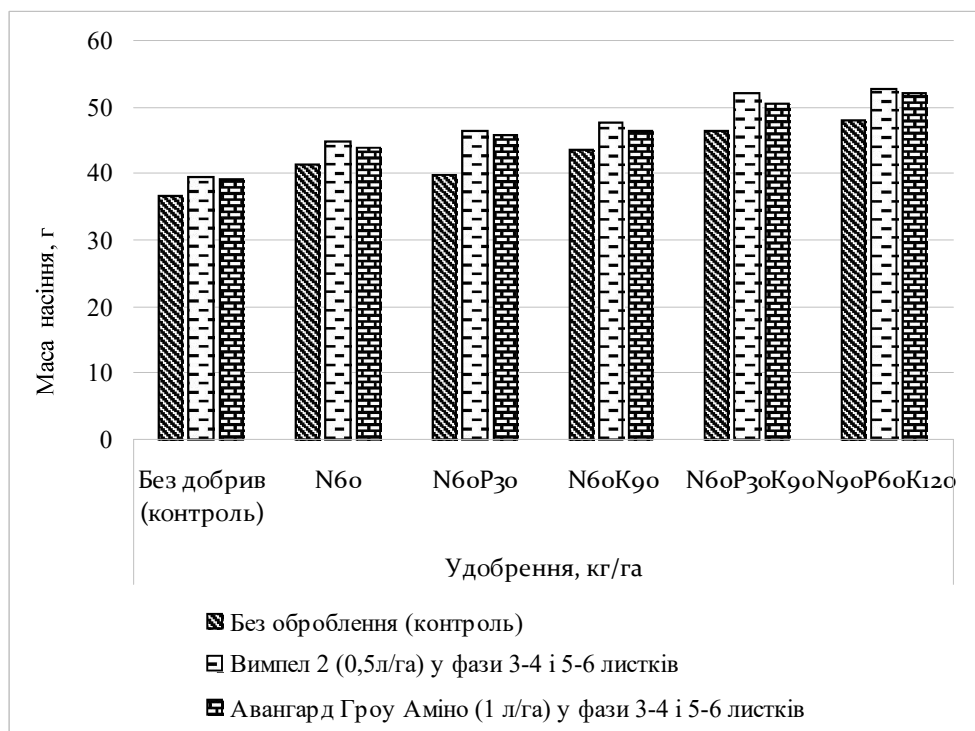


Рис. 4. Маса насіння соняшнику з одного кошика залежно від позакореневого підживлення рослин та удобрення, г (середнє за 2021–2023 рр.).

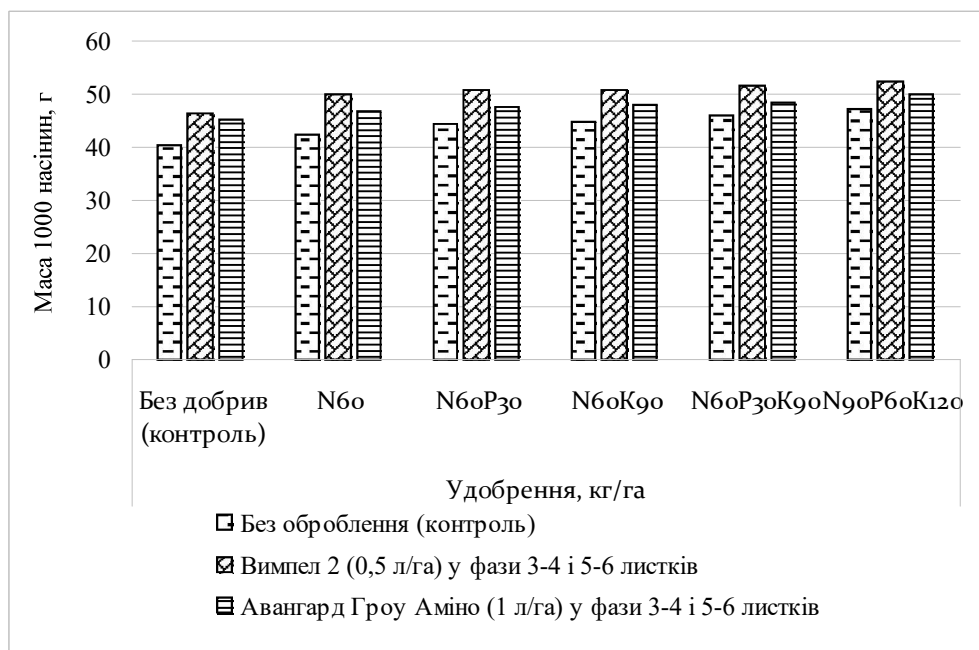


Рис. 5. Маса 1000 насінин соняшнику залежно від позакореневого підживлення та удобрення, г (середнє за 2021–2023 рр.).

Таблиця 1 – Урожайність соняшнику залежно від позакореневого підживлення рослин та удобрення, т/га (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрення (фактор А), т/га	Позакореневе підживлення (фактор В)	Урожайність	Приріст врожаю	
			від удобрення, т/га	від підживлення, %
Без добрив (контроль)	1	1,59	-	-
	2	1,85	-	16,4
	3	1,78	-	11,9
N ₆₀	1	1,99	0,40	-
	2	2,45	0,60	23,1
	3	2,28	0,50	14,6
N ₆₀ P ₃₀	1	2,14	0,55	-
	2	2,68	0,83	25,2
	3	2,46	0,68	15,0
N ₆₀ K ₉₀	1	2,26	0,67	-
	2	2,78	0,93	23,0
	3	2,64	0,86	16,8
N ₆₀ P ₃₀ K ₉₀	1	2,45	0,86	-
	2	3,11	1,26	27,0
	3	2,91	1,13	18,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	1	2,66	1,07	-
	2	3,18	1,33	19,5
	3	3,10	1,32	16,5

Примітка: позакореневе підживлення у варіантах 1–3 проводили згідно зі схемою досліду.
 НР_{0,5}, т/га А – 0,02–0,04; В – 0,04–0,07; АВ – 0,09–0,12.

Таблиця 2 – Вміст та вихід олії в насінні соняшнику залежно від удобрення та позакореневого підживлення рослин стимуляторами росту, (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрення	Позакореневе підживлення	Вміст олії, %	Вихід олії, т/га	Приріст, т/га
Без добрив (контроль)	1	46,7	0,74	-
	2	46,6	0,86	-
	3	44,4	0,79	-
N ₆₀	1	46,9	0,93	0,19
	2	46,7	1,14	0,28
	3	44,6	1,02	0,23
N ₆₀ P ₃₀	1	47,0	1,01	0,27
	2	47,8	1,28	0,42
	3	47,2	1,13	0,34
N ₆₀ K ₉₀	1	48,0	1,08	0,29
	2	52,4	1,46	0,60
	3	50,9	1,34	0,55
N ₆₀ P ₃₀ K ₉₀	1	50,3	1,23	0,49
	2	55,9	1,72	0,86
	3	54,8	1,59	0,80
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	1	50,1	1,33	0,59
	2	54,3	1,73	0,87
	3	52,2	1,62	0,83

Найбільшу олійність насіння (55,9 %) у гібрида Годувальник відмічено за системи удобрення $N_{60}P_{30}K_{90}$, а вихід олії – 1,73 т/га – за дози $N_{90}P_{60}K_{120}$, приріст до контролю становив 0,87 т/га. Високий вихід олії 1,72 т/га також був за позакореневого підживлення рослин Вимпел 2 (0,5 л/га) у фази 3–4 і 5–6 листків та удобрення $N_{60}P_{30}K_{90}$.

Висновок. Рекомендується для впровадження удосконалена технологія вирощування соняшнику в умовах Західного Полісся, яка передбачає мінеральне удобрення в дозі $N_{90}P_{60}K_{120}$ сумісно із позакореневим підживленням рослин стимулятором росту Вимпел 2 (0,5 л/га) у фази 3–4 і 5–6 листків, що забезпечує одержання врожаю у гібрида Годувальник 3,18 т/га, та вихід олії 1,73 т/га.

Також за цього варіанта відмічено найбільшу висоту рослин – 226 см, діаметр кошика – 24,1 см та масу 1000 насінин – 52,6 г, що обумовило отримання максимального рівня урожайності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Риженко А.С., Каленська С.М., Присяжнюк О.І., Мокрієнко В.А. Пластичність урожайності гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Vol. 16. № 4. С. 402–406. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001208188>.
2. Dynamics of export potential of sunflower oil in Ukraine / K. Vasylykova et al. HELIA, 2021. Vol. 44(74). P. 115–123. DOI: 10.1515/helia-2021-0001.
3. Гаврилюк М.М., Салатенко В.Н., Чехов А.В., Федорчук М.І. Олійні культури в Україні: навч. посіб. 2-ге видання, перероблене і доповнене. Київ: Основа, 2008. 420 с.
4. Кирсанова Г.В., Пугач А.В., Губа Е.П. Удосконалення технології вирощування соняшнику шляхом оптимізації фону мінерального живлення. Dynamika naukowych badan-2017: materialy XIII międzynarodowej naukowopraktycznej konferencji). Przemysł: Nauka i studia, 2017. P. 19–23. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/388>.
5. Мазур В.А., Дідур І.М., Циганський В.І., Маламура С.В. Формування продуктивності гібридів соняшника залежно від рівня удобрення та умов зволоження. Сільське господарство та лісівництво. Вінниця: ВНАУ, 2020. № 19. С. 208–220.
6. Господаренко Г.М. Система застосування добрив. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 376 с.
7. Гангур В.В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. Вісник ПДАА. 2022. № 2. С. 50–56.
8. Паламарчук В.Д., Підлубний В.Ф. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 3 (22). С. 29–44.
9. Мазур В.А., Дідур І.М., Циганський В.І., Маламура С.В. Формування продуктивності гібридів соняшника залежно від рівня удобрення та умов зволоження. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 4 (19). С. 208–220.
10. Губенко Л.В., Задубинна Є.В., Тарасенко Т.В. Формування продуктивності соняшнику залежно від систем основного обробітку ґрунту і удобрення. Землеробство. 2018. Вип. 1. С. 27–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2018_1_7.
11. Гангур В.В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. 2(2). С. 50–56. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.05.
12. Коваленко О.А., Федорчук М.І., Нерода Р.С., Донець Я.Л. Вирощування соняшника за використання мікродобрив та бактеріальних препаратів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 2. С. 111–134.
13. Advances in nutrition of sunflower on the southern steppe of Ukraine / O. Kovalenko et al. Springer International Publishing Switzerland: Soils Under Stress, 2021. P. 215–223.
14. Соняшник: екологічні шляхи оптимізації його живлення / Є.О. Домарацький та ін. Херсон: Олді-плюс, 2020. 158 с.
15. Гамаюнова В.В., Коваленко О.А., Хоненко Л.Г. Сучасні підходи до ведення землеробської галузі на засадах біологізації та ресурсозбереження. Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С. 232–342.
16. Шакалій С.М. Формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від позакореневого підживлення. Зернові культури. 2017. Т. 1. № 1. С. 69–74.
17. Паламарчук В.Д. Позакореневі підживлення у сучасних технологіях вирощування гібридів соняшнику. Агробіологія: збірник наукових праць. Біла Церква, 2020. №1 (157). С. 137–144.
18. Коваленко О.А., Нерода Р.С., Пачесна І.В., Тупчий Д.Ю. Вплив біопрепаратів на продуктивність соняшника. Перлини степового краю: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Миколаїв: МНАУ, 2019. С. 76–78.
19. Ieremenko O., Kalitka V. Productivity of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under the effect if AKM plant growth regulator in the conditions low moisture of southern Steppe of Ukraine. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. 2016. Ver. 9 (9). Issue 1. P. 59–64. DOI: 10.9790/2380-0909015964.
20. Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine / S. Kalenska et al. American journal of Plant Science. 2020. Vol. 11. No 8. P. 1331–1344. DOI: 10.4236/ajps.2020.118095.
21. Кудріна В.С. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології

вищого рівня в умовах південного Степу України: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Миколаїв, 2021. 175 с.

22. Гамаюнова В.В., Кудріна В.С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2020. Вип. 1. С. 50–57. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7.

23. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид., виправ., доповн. Львів: НВФ «Українські технології», 2021. 808 с.

24. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підруч. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

25. Carvalho M.E.A., Castro P.R. de C.E., Ferraz Junior M.V. de C., Mendes A.C.C.M. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower? *Comunicata Scientiae*. 2016. Vol. 7(1). P. 154–159. DOI: 10.14295/CS.v7i1.1286.

26. Покопцева Л.А., Єременко О.А. Застосування методу багатокритеріальної оптимізації для вибору гібрида соняшнику за умов вирощування у зоні Степу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2017. Вип. 9. С. 121–125. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2017_9_27.

REFERENCES

1. Ryzhenko, A.S., Kalenska, S.M., Prysiashnyuk, O.I., Mokrienko, V.A. (2020). Plastychist' urozhajnosti gibrydiv sonjashnyka v umovah Livoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Plasticity of yield of sunflower hybrids in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Doslidzhennja i okhrona roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 16, no. 4, pp. 402–406. Available at: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001208188>
2. Vasylykovska, K., Andriienko, O., Vasylykovskiy, O., Andriienko, A., Popov, V., Malakhovska, V. (2021). Dynamika eksportnoho potentsialu oliynykh kultur Ukrainy [Dynamics of export potential of sunflower oil in Ukraine]. *HELIA*, Vol. 44(74), pp. 115–123. DOI: 10.1515/helia-2021-0001
3. Gavrilyuk, M.M., Salatenko, V.N., Chekhov, A.V., Fedorchuk, M.I. (2008). Oliyni khlib v Ukraini: navch. posib., 2-he vyd., pererob. i dop. [Oilseed crops in Ukraine]. Kyiv, Osnova, 420 p.
4. Kirsanova, G.V., Pugach, A.V., Guba, E.P. (2017). Udoshkonalennja tekhnolohii vyroshchuvannja sonjashnyka shljakhom optymizatsiji mineral'noho kharchuvannja [Improving the technology of growing sunflower by optimizing the mineral nutrition background]. *Dynamika naukovykh doslidzhen-2017: materialy XIII mizhnar. nauk.-prak. konf.* [Dynamics of scientific research-2017: materials of the XIII international scientific and practical conference]. *Przemysl, Nauka i studia*, pp. 19–23. Available at: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/388>

5. Mazur, V.A., Didur, I.M., Tsygansky, V.I., Malamura, S.V. (2020). Formuvannja produktyvnosti gibrydiv sonjashnyka zalezchno vid rivnja udobrennja ta umov zvolozhennja [Formation of productivity of sunflower hybrids depending on the level of fertilization and moisture conditions]. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnytvo* [Agriculture and forestry]. Vinnytsia, VNAU, no. 19, pp. 208–220.

6. Gospodarenko, G.M. (2018). Systema vnesennja udobren [Fertilizer application system]. Kyiv, LLC "SIC GROUP UKRAINE", 376 p.

7. Gangur, V.V., Kosminsky, O.O., Len', O.I., Totsky, V.M. (2022). Vplyv udobren na produktyvnist' ta yakist' nasinnja sonjashnyka [The influence of fertilizer on sunflower productivity and seed quality]. *Visnyk Ukrayins'koyi ahrarnoji akademiyi* [Bulletin of the Ukrainian Agricultural Academy]. no. 2, pp. 50–56.

8. Palamarchuk, V.D., Podlubny, V.F. (2021). Produktyvnist' gibrydiv sonjashnyka zalezchno vid elementiv tekhnolohiji vyroshchuvannja [Productivity of sunflower hybrids depending on the elements of cultivation technology]. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnytvo* [Agriculture and Forestry]. no. 3 (22), pp. 29–44.

9. Mazur, V.A., Didur, I.M., Tsygansky, V.I., Malamura, S.V. (2020). Formuvannja produktyvnosti gibrydiv sonjashnyka zalezchno vid rivnja udobrennja ta umov zvolozhennja [Formation of productivity of sunflower hybrids depending on the level of fertilization and moisture conditions]. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnytvo* [Agriculture and Forestry]. no. 4 (19), pp. 208–220.

10. Gubenko, L.V., Zadubynna, E.V., Tarasenko, T.V. (2018). Formuvannja produktyvnosti sonjashnyka zalezchno vid osnovnykh system orannya ta udobrennja [Formation of sunflower productivity depending on the main tillage and fertilization systems]. *Sil's'ke gospodarstvo* [Agriculture]. Issue 1, pp. 27–31. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2018_1_7

11. Gangur, V.V., Kosminsky, O.O., Len', O.I., Totsky, V.M. (2022). Vplyv udobren na produktyvnist' ta yakist' nasinnja sonjashnyka [The influence of fertilizer on sunflower productivity and seed quality]. *Visnyk Poltav's'koyi derzhavnoyi ahrarnoji akademiyi* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 2 (2), pp. 50–56. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.05

12. Kovalenko, O.A., Fedorchuk, M.I., Nero-da, R.S., Donets, Ya.L. (2020). Vyroshchuvannja sonjashnyka z vykorystannjam mikrodyvoriv ta bakterial'nykh preparativ [Growing sunflower using microfertilizers and bacterial preparations]. *Visnyk Poltav's'koyi derzhavnoyi ahrarnoji akademiyi* [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 2, pp. 111–134.

13. Kovalenko, O., Gamajunova, V., Nero-da, R., Smirnova, I., Khonenko, L. (2021). Sychasni pidkhody do kharchuvannja sonjashnyka na Pivdennomu Stepovomu Ukraini [Advances in nutrition of sunflower on the southern steppe of Ukraine]. Springer

International Publishing Switzerland, Soils Under Stress, pp. 215–223.

14. Domaratsky, E.O., Dobrovolsky, A.V., Bazalii, V.V., Pichura, V.I., Domaratsky, O.O. (2020). Sonjashnyk: ekolohichni shljakhy optymizatsiji yoho kharchuvannja [Sunflower: ecological ways to optimize its nutrition]. Kherson, Oldi-plus, 158 p.

15. Gamayunova, V.V., Kovalenko, O.A., Khonenko, L.G. (2018). Suchasni pidkhody do upravlinnja sil'skym hospodarstvom na osnovi pryntsyviv biohizatsiji ta zberezhennja resursiv [Modern approaches to managing the agricultural industry based on the principles of biologization and resource conservation]. Ratsional'ne vykorystannja resursiv u ekolohichno stijkykh terytorijakh: kol. monohrafiya [Rational use of resources in environmentally stable territories]. Poltava, LLC NVP "Ukrpromtorgservis", pp. 232–342.

16. Shakaliy, S.M. (2017). Formuvannja urozhajnosti ta yakosti nasinnja sonjashnyka zalezno vid listkovogo pidzhyvlennja [Formation of yield and quality of sunflower seeds depending on foliar feeding]. Zernovi kultury [Grain crops]. Vol. 1, no. 1, pp. 69–74.

17. Palamarchuk, V.D. (2020). Listkove pidzhyvlennja v suchasnykh tekhnolohijakh vyroshchuvannja gibrydiv sonjashnyka [Foliar fertilization in modern technologies for growing sunflower hybrids]. Agrobiologija: zbirnyk naukovykh prats [Agrobiology: Collection of scientific papers]. Bila Tserkva, no. 1 (157), pp. 137–144.

18. Kovalenko, O.A., Neroda, R.S., Pachesna, I.V., Tupchii, D.Yu. (2019). Vpliv biolohichnykh preparativ na produktyvnist' sonjashnyka [The influence of biological products on sunflower productivity]. Perly Stepovogo rehionu: materialy Vseukr. nauk.-prak. konf. [Pearls of the steppe region: materials of the All-Ukrainian scientific-practical conference]. Mykolaiv, MNAU, pp. 76–78.

19. Ieremenko, O., Kalitka, V. (2016). Produktyvnist' gibrydiv sonjashnyka (*Helianthus annuus* L.) pid diyeju reguljatora rostu roslyn AKM v umovakh nyskoho zvolozhennja Pivdenного Stepovogo Ukrainy [Productivity of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under the effect of AKM plant growth regulator in the conditions of low moisture of southern Steppe of Ukraine]. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, Vol. 9 (9), Ver. 1, pp. 59–64. DOI: 10.9790/2380-0909015964

20. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L. (2020). Morfolohichni osoblyvosti roslyn ta urozhajnist' gibrydiv sonjashnyka, vyroshchenykh u Pivnichnij chastyini Lisostepu Ukrainy [Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. American Journal of Plant Science. Vol. 11, no. 8, pp. 1331–1344. DOI: 10.4236/ajps.2020.118095

21. Kudrina, V.S. (2021). Formuvannja produktyvnosti sonjashnyka zalezno vid elementiv tekhnolohiji vyroshchuvannja v umovakh Pivdenного Stepovogo Ukrainy: dys. kand. s.-g. nauk: 06.01.09

[Formation of sunflower productivity depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the southern Steppe of Ukraine: dissertation, candidate of agricultural sciences: 06.01.09]. Mykolaiv, 175 p.

22. Gamayunova, V.V., Kudrina, V.S. (2020). Formuvannja nadzemnoji masy ta urozhajnosti sonjashnyka pid diyeju okremykh elementiv tekhnolohiji vyroshchuvannja [Formation of above-ground mass and yield of sunflower under the influence of individual elements of cultivation technology]. Visnyk ahrar. nauky Chornomors'koho rehionu [Bulletin of the Agricultural Science of the Black Sea Region]. Mykolaiv, Issue 1, pp. 50–57. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7

23. Petrychenko, V.F., Likhochvor, V.V. (2021). Roslynnytstvo: novi tekhnolohiji vyroshchuvannja polevykh kultur: navchalnyk, 5-te vyd., pererob. i dop. [Crop production. New technologies for growing field crops]. Lviv, NFF "Ukrainian Technologies", 808 p.

24. Petrychenko, V.F., Likhochvor, V.V. (2020). Roslynnytstvo: novi tekhnolohiji vyroshchuvannja polevykh kultur: navchalnyk [Crop production. New technologies for growing field crops]. Lviv, NFF "Ukrainian Technologies", 806 p.

25. Carvalho, M.E.A., Castro, P.R. de C.E., Ferraz Junior, M.V. de C., Mendes, A.C.C.M. (2016). Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower? *Comunicata Scientiae*. Vol. 7(1), pp. 154–159. DOI: 10.14295/CS.v7i1.1286

26. Pokoptseva, L.A., Eremenko, O.A. (2017). Zastosuvannja metodu mnohohranovoi optymizatsiji dlja vyboru gibrydu sonjashnyka v umovakh Stepovoi zony Ukrainy [Application of the multi-criteria optimization method for choosing a sunflower hybrid under growing conditions in the Steppe zone of Ukraine]. Visnyk Sum'skogo nats. ahrar. un-tu [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. Issue 9, pp. 121–125. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2017_9_27

The influence of cultivation technology elements on sunflower productivity in the conditions of Western Polissia

Kurach O., Androshchuk O.

The application of mineral fertilizers and foliar feeding with growth stimulators improves plant growth and development, indicators of crop structure, and increases sunflower productivity.

The purpose of the study was to establish the peculiarities of sunflower crop formation and seeds quality in the conditions of Western Polissia depending on biological potential of the studied hybrid, different doses of mineral fertilizers and foliar application of growth stimulators.

It has been established that as a result of the research conducted, the technology for growing sunflowers in the conditions of Western Polissia has been improved, which involves mineral fertilization in doses of $N_{90}P_{60}K_{120}$ and $N_{60}P_{30}K_{90}$ in combination

with foliar application of growth stimulators Vympel 2 (0.5 l/ha) and Grow Amino (1 l/ha) in the 3–4 and 5–6 leaf stages.

The largest sunflower heads diameter of 24.1 and 23.6 cm and the number of baskets of 6.1 and 5.9 pcs/m² were found at doses of N₉₀P₆₀K₁₂₀ and N₆₀P₃₀K₉₀ in combination with two applications of Vympel 2 (0.5 l/ha) in phases 4 and 5–6 leaves, while in the variant without fertilizers these indicators were significantly lower – 18.9 cm and 4.4 pcs/m² respectively. The weight of 1,000 seeds varied depending on the fertilizer and was highest when N₉₀P₆₀K₁₂₀ and N₆₀P₃₀K₉₀ were applied in combination with two foliar feedings

of Vympel 2 (0.5 l/ha) – 52.6 and 51.8 g, and Grow Amino (1 l/ha) – 50.0 and 48.6 g, while the lowest value of the studied indicator (40.4 g) was recorded in the variant without fertilizers.

The heaviest sunflower yield (Hoduvalnik hybrid) in the conditions of Western Polissia was due to mineral fertilizer in a dose of N₉₀P₆₀K₁₂₀ and N₆₀P₃₀K₉₀ in combination with foliar feeding of plants with growth stimulators Vympel 2 (0.5 l/ha) and Grow Amino (1 l/ha), which amounted to 2.91–3.18 t/ha, oil yield – 1.59–1.73 t/ha.

Key words: sunflower, fertilization system, growth stimulator, foliar feeding, productivity.



Copyright: Курач О.В., Андрощук О.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Курач О.В.

Андрощук О.О.

<https://orcid.org/0000-0002-1343-097X>

<https://orcid.org/0009-0004-6495-6500>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.11:631.879.4(477.4)

Вплив сидеральних попередників на урожайність та якість зерна пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу УкраїниЛіщук А.М. , Кравчук Ю.А. *Інститут агроекології і природокористування НААН*

Ліщук А.М. E-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com



Ліщук А.М., Кравчук Ю.А. Вплив сидеральних попередників на урожайність та якість зерна пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 114–124.

Lishchuk A., Kravchuk Yu. Influence of green manure predecessors on the yield and grain quality of winter wheat under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 114–124.

Рукопис отримано: 29.09.2025 р.

Прийнято: 14.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-114-124

Актуальність проблеми стабілізації урожайності та підвищення якості зерна пшениці озимої обумовлена глобальними вимогами продовольчої безпеки, необхідністю мінімізації негативного антропогенного впливу на агроєкосистеми та важливістю переходу до органічного землеробства в Україні. Проведено дослідження впливу різних сидеральних попередників (горох, вика яра, редька олійна, гірчиця жовта та розторопша плямиста) на продуктивність та якісні характеристики зерна пшениці озимої впродовж 2024–2025 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України. Основна мета роботи полягала у науковому обґрунтуванні ефективності сидерації як біологічного джерела живлення в умовах відсутності мінеральних добрив та визначенні її здатності нівелювати негативну кореляцію між урожайністю та якістю. Використання сидератів забезпечує стабільний та значущий приріст врожаю пшениці озимої порівняно з контролем (чорний пар). Найефективнішими виявилися бобові сидерати (наприклад, після гороху приріст врожаю сягав 42,6 % у 2025 р.), що підтверджує їхнє значення як джерела біологічного азоту. Бобові сидерати також підвищують якісні показники зерна (вміст білка до 10,9 %, клейковини до 14,8 %) та покращують його технологічні характеристики (зниження вологості до 12,8 %, підвищення натурі). Водночас, застосування товарного гороху на зерно та розторопші плямистої як попередників визнано недоцільним через значне зниження урожайності (на 14,3 та 27,6 % відповідно) та погіршення якості зерна. Використання бобових сидератів забезпечує синергетичне зростання кількісних і якісних показників пшениці озимої, що є важливим для отримання продовольчого зерна високого класу та впровадження принципів органічного землеробства.

Ключові слова: сидерація, пшениця озима, урожайність, якість зерна, білок, клейковина, вологість, органічне землеробство.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В умовах органічного землеробства, що базується виключно на використанні біологічних методів захисту та удобрення, експериментальне дослідження урожайності та якості сільськогосподарської продукції набуває особливої актуальності. Заборона застосування синтетичних хіміч-

них добрив та засобів захисту рослин потребує пошуку ефективних, сталих агротехнічних прийомів, здатних забезпечити належну продуктивність і якість органічної продукції. Недосконалість біологічних методів за неправильного ведення сівозміни може призводити до зниження продуктивності або виснаження ґрунтової родючості [1].

Необхідність мінімізації негативного антропогенного впливу на агроєкосистеми обумовлюють пошук сталих рішень у технологіях вирощування основних продовольчих культур. В Україні, де пшениця озима є стратегічною культурою, важливою проблемою є стабілізація урожайності та якості зерна в умовах зміни клімату і деградації ґрунтів [2]. Традиційні інтенсивні системи землеробства, що базуються на використанні високих доз мінеральних добрив, призводять до зниження вмісту органічної речовини в ґрунті, погіршення його фізичних властивостей та збільшення собівартості продукції [3, 4].

За розвитку органічного землеробства сидерація (зелене добриво) є єдиним біологічним джерелом поповнення ґрунту азотом та органічною речовиною. Тому ефективний вибір сидерального попередника має важливе значення для забезпечення економічної життєздатності органічних господарств та їхньої здатності вирощувати органічну пшеницю озиму продовольчого класу [5].

За даними М. Новохацького та ін. [6], сидерація є головним елементом регенеративного землеробства, ключовим елементом якого є використання сидеральних попередників, оскільки вони безпосередньо впливають на продуктивність наступних культур у сівозміні.

В умовах нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України аналіз такого впливу набуває особливої актуальності, оскільки сидерати не лише сприяють накопиченню біологічного азоту, мобілізації важкодоступних елементів живлення, а також ефективному використанню ґрунтової вологи та покращенню водно-фізичних властивостей і структури ґрунту [7, 8].

Під час вибору культури-сидерата важливим є комплексне дослідження кількісних та якісних змін в агроценозі, що відбуваються після їхнього заорювання. Зокрема, автори публікацій [9, 10] підтверджують значний вплив сидерації для підвищення урожайності пшениці озимої та доводять, що використання бобових сидератів (вика, горох) забезпечує приріст врожаю до 20–30 % завдяки надходженню біологічного азоту. У дослідженні автори акцентують, що найбільша ефективність сидерації проявляється саме у роки зі складними погодними умовами, де сидерати слугують буферним чинником, підтримуючи водно-повітряний режим ґрунту.

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють впливу сидератів на якість продовольчого зерна пшениці озимої. Це

пов'язано з тим, що її висока урожайність часто супроводжується зниженням вмісту білка та клейковини [11]. У публікаціях [12, 13] автори вказують, що сидерати, передусім бобово-злакові суміші, здатні не лише збільшувати врожай, а також стабілізувати вміст білка на рівні, необхідному для продовольчого класу. Дослідження [14, 15] зосереджені на тому, що правильний підбір сидерату забезпечує повноцінне забезпечення культури азотом на початкових етапах розвитку і росту пшениці озимої та досягнення високої якості її органічного зерна. Дослідження [16] доводять важливу роль хрестоцвітних сидератів (редька олійна, гірчиця) у мобілізації сірки та фосфору, які беруть участь у формуванні клейковинного комплексу. У роботах [17, 18] детально проаналізовано динаміку мінералізації рослинних решток сидератів та її синхронізацію з потребами пшениці озимої в основні фази розвитку культури.

Незважаючи на значну кількість робіт з цієї тематики, існують невирішені питання щодо диференціації за комплексного впливу різних типів сидератів на основні показники: урожайність, вміст білка, клейковини та насипної щільності (натури) зерна пшениці озимої в умовах одного ротаційного циклу. Не сформовано чітких агрономічних рекомендацій щодо сидерата-попередника, який забезпечує не лише максимальний врожай, а також гарантовану високу якість зерна для ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу України.

Мета дослідження – наукове обґрунтування та оцінювання впливу різних сидеральних попередників на показники урожайності та якості зерна пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводилися упродовж 2024–2025 рр. на дослідному полі ДП ДГ «Сквирське» Інституту агроєкології і природокористування НААН (ДП ДГ «Сквирське» ІАП НААН) в умовах Правобережного Лісостепу України. Дослідження передбачали визначення впливу сидеральних культур на вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) в органічних агротехнологіях. У ланці сівозміни порівнювали вплив попередників-сидератів на кількісні та якісні показники зерна пшениці озимої. Схема досліду включала такі варіанти: 1 – контроль (чорний пар); 2 – горох на зерно (товарний посів); 3 – горох (сидерат); 4 – вика яра (сидерат); 5 – редька олійна (сидерат); 6 – гірчиця жовта (сидерат); 7 – розтопша плямиста (сидерат). Ґрунт дослідних

полів – чорнозем малогумусний крупнопилкувато-середньосуглинковий за механічним складом. Площа облікової ділянки в досліді становить 300 м², повторення досліду – триразове. Сидерати заорювали у ґрунт в середині серпня (за 2–3 тижні до посіву пшениці озимої). Збирання врожаю проводили суцільним способом з облікових ділянок наприкінці липня.

Оцінювання ефективності сидерації проводили відповідно до ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови». Використовували загальноприйняті методи: урожайність (кг/га) визначали прямим ваговим методом з доведенням до 14 % вологості та 100 % чистоти; вологість зерна (%) – стандартним методом за допомогою вологоміра; вміст білка (%) – за методом К'ельдаля; вміст клейковини (%) – стандартним методом (ручний відмив) за стандартом ДСТУ 3768:2019; насипну щільність (натуру, г/л) – за допомогою літрової пурки.

Для встановлення взаємозв'язку між урожайністю та якісними показниками (білок, клейковина, натура) використовували коефіцієнт кореляції Пірсона (r). Для аналізу отриманих даних застосовували дисперсійний метод з використанням програми Microsoft Office Excel, а для систематичної оцінки – структурно-логічний аналіз.

Результати дослідження та обговорення.

Вплив сидеральних попередників на урожайність пшениці озимої.

Аналіз динаміки врожайності пшениці озимої за 2024–2025 рр. показав суттєву перевагу більшості сидеральних попередників над контролем (чорний пар), особливо

в умовах 2025 року (рис. 1). У середньому за період досліджень у контрольному варіанті урожайність пшениці озимої становила 560 кг/га (580 кг/га у 2024 р. та 540 кг/га у 2025 р.).

Бобові культури (*Fabaceae*) забезпечили найбільш значущий і стабільний приріст врожаю, що підтверджує їхнє значення як потужного джерела біологічного азоту. Врожайність пшениці озимої після гороху на сидерат зросла від 600 кг/га у 2024 р. (приріст 3,4 %) до 770 кг/га у 2025 р. з найвищим приростом 42,6 % (рис. 2). Подібний ефект спостерігався після сидерату вики ярої, де урожайність пшениці озимої становить 740 кг/га у 2025 р. (приріст 37,0 %). Така висока ефективність у несприятливому 2025 році показує, що біологічно фіксований азот забезпечує пшениці озимій вищу буферність та стійкість до агро-екологічних стресів.

Хрестоцвіті сидерати (*Brassicaceae*) також мають позитивний, хоча і більш варіативний вплив на урожайність пшениці озимої порівняно з контролем. У варіанті з гірчицею жовтою встановлено високу продуктивність пшениці озимої у 2024 р. (650 кг/га, приріст 12,1 %), що, ймовірно, пов'язано з її швидким початковим розвитком, здатністю до пригнічення бур'янів та мобілізації поживних речовин. Проте у 2025 р. її урожайність знизилася до 550 кг/га. Редька олійна на сидерат у 2025 р. забезпечила майже рівнозначний з контролем урожай пшениці (540 кг/га). Отримані дані підтверджують значення капустяних сидератів у покращенні фізичних властивостей ґрунту та його фітосанітарному оздоровленні, однак проявляють менш стабільний вплив на азотний режим порівняно з бобовими.

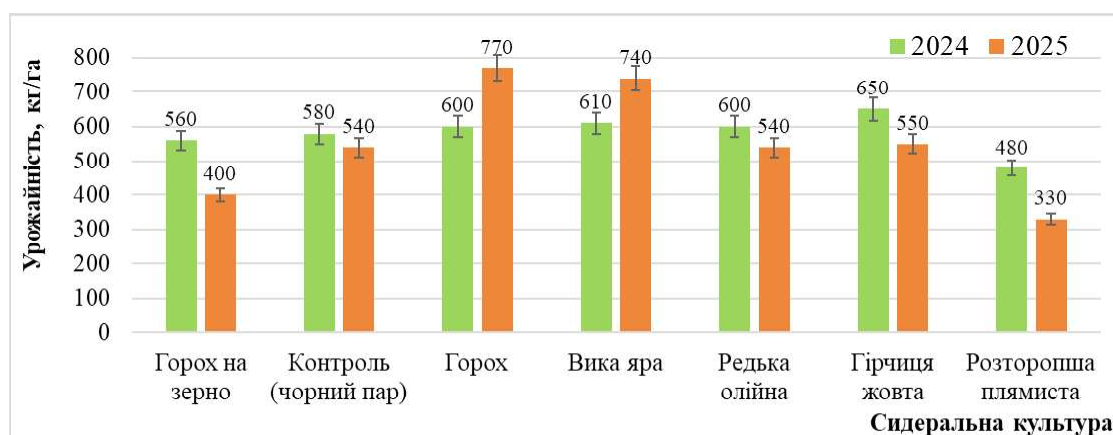


Рис. 1. Урожайність пшениці озимої за впливу попередників – сидеральних культур, 2024–2025 рр.

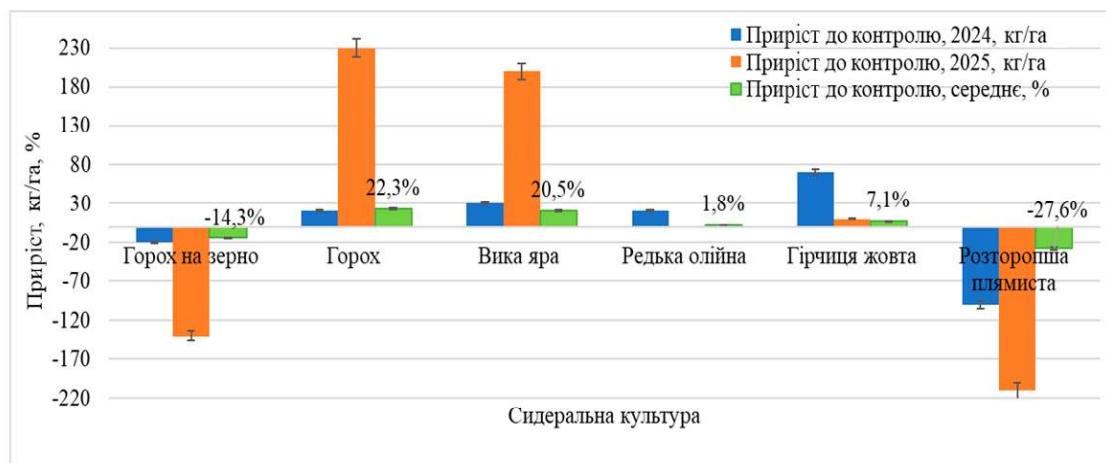


Рис. 2. Приріст врожайності пшениці озимої за впливу попередників – сидеральних культур порівняно з контролем, 2024–2025 рр.

Водночас, дослідженнями доведено недоцільність використання товарних бобових культур як попередників, оскільки збір урожаю гороху на зерно призвів до винесення поживних речовин та спричинив зниження врожаю пшениці озимої до 400 кг/га у 2025 р. (відхилення – 25,9 % від контролю). Цей результат наголошує на пріоритеті використання попередника бобових саме як зеленого добрива.

Варіант із розторопшею плямистою на сидерат виявився неефективним, спричинивши найбільше зниження врожаю пшениці озимої в обидва роки (найнижчий показник 330 кг/га у 2025 р.). Це може бути наслідком сильної конкуренції за вологу на початкових етапах росту рослин культур та повільної мінералізації біомаси розторопші плямистої, що призвело до дефіциту поживних речовин для пшениці.

Отже, найвищу врожайність пшениці озимої забезпечили сидеральні культури, передусім горох на сидерат та вика яра, а також редька олійна та гірчиця жовта. Винятком є розторопша плямиста, яка показала нестабільні результати урожайності пшениці озимої.

Вплив сидеральних попередників на показники якості зерна пшениці озимої (білок, клейковина, вологість, натура).

Аналіз вмісту білка у зерні пшениці озимої за впливу сидеральних культур продемонстрував значну варіативність цього показника залежно від типу попередника та погодних умов року (рис. 3). Встановлено, що в більш сприятливому за погодними умовами 2024 році, вміст білка в зерні пшениці озимої у більшості варіантів із сидератами був вищим, ніж у 2025 році. Це можна пояснити

меншим «ефектом розведення» через дещо нижчу урожайність, яка спостерігалася у цей рік. Водночас, проблема стабілізації якісних показників, зокрема вмісту білка, безпосередньо пов'язана з азотним режимом ґрунту [19]. Висока урожайність часто знижує вміст білка, оскільки доступний азот вже використаний на формування вегетативної маси, і його бракує для активного синтезу білка у фазу наливу зерна [20].

Бобові сидерати (горох та вика яра) виявилися найбільш ефективними у стабілізації якості зерна пшениці озимої. Вони обумовили найбільшу стійкість та найвищі показники білка в зерні, особливо у менш сприятливому 2025 році. Варіант з горохом на сидерат забезпечив максимальний вміст білка в зерні пшениці озимої в обидва роки (12,1 % у 2024 р. та 10,9 % у 2025 р.). Подібний результат отримано у варіанті з сидератом викою ярою (12,0 і 10,8 % відповідно). Така висока ефективність прямо корелює зі здатністю бобових культур до біологічної фіксації атмосферного азоту (N) [21]. На відміну від мінеральних добрив, азот сидератів вивільняється пролонговано, що сприяє кращому забезпеченню пшениці азотом саме у пізні фази розвитку (кущіння – колосіння – налив зерна), коли відбувається основний синтез білка [22, 23].

Застосування сидеральної культури редьки олійної обумовило стабільний вміст білка (10,8 %) в зерні пшениці озимої в обидва роки, що забезпечило приріст (1,5 %) у 2025 році порівняно з контролем. Натомість, у варіанті з гірчицею жовтою цей показник різко знизився у 2025 році (9,3 %) до рівня контролю. Це свідчить, що вплив хресто-

цвітих культур на формування клейковини у зерні більше залежить від мобілізації ґрунтового азоту та сірки, аніж від прямого надходження додаткового азоту, як у випадку з бобовими [24, 25].

Нижчі показники білка в зерні пшениці озимої встановлено в обидва досліджені роки у варіантах з горохом на зерно (10,5 і 8,5 % відповідно у 2024 та 2025 рр.) та розторопшею плямистою на сидерат (9,8 і 9,1 % відповідно). Зниження білка (-0,8 % відносно контролю у 2025 р.) після гороху на зерно підтверджує виснаження ґрунту через винесення поживних речовин із товарним урожаєм. Розторопша плямиста не забезпечила достатнього поліпшення азотного режиму, що, у поєднанні з її низькою урожайністю, робить цей попередник агрономічно недоцільним.

Отже, бобові сидерати є найбільш надійним інструментом для стабілізації та підвищення якісних показників зерна пшениці озимої, забезпечуючи високий вміст білка в умовах, які є менш сприятливими для природного азотного живлення рослин.

Аналіз вмісту клейковини у зерні пшениці озимої за впливу сидеральних культур (рис. 4) показав, що цей показник у всіх варіантах був значно вищим у 2024 р. порівняно з 2025 р. Зокрема, зниження клейковини в зерні пшениці озимої у контрольному варіанті (від 21,0 % у 2024 р. до 10,8 % у 2025 р.) свідчить про сильний негативний вплив погодних умов 2025 року на азотне живлення та формування білкового комплексу зерна. Отримані результати тісно корелюють з аналізом вмісту білка, оскільки клейковина є його основною фракцією.

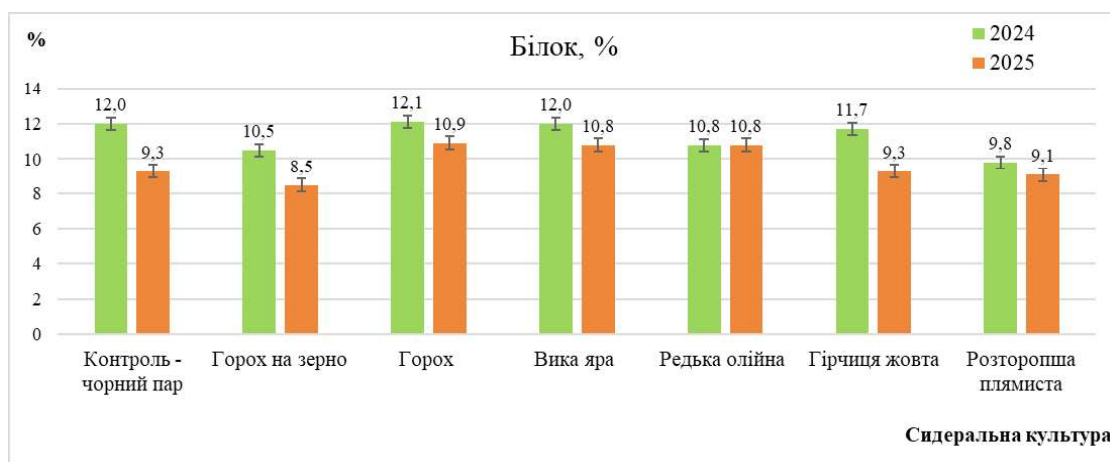


Рис. 3. Вміст білка у зерні пшениці озимої за впливу попередників – сидеральних культур, 2024–2025 рр.

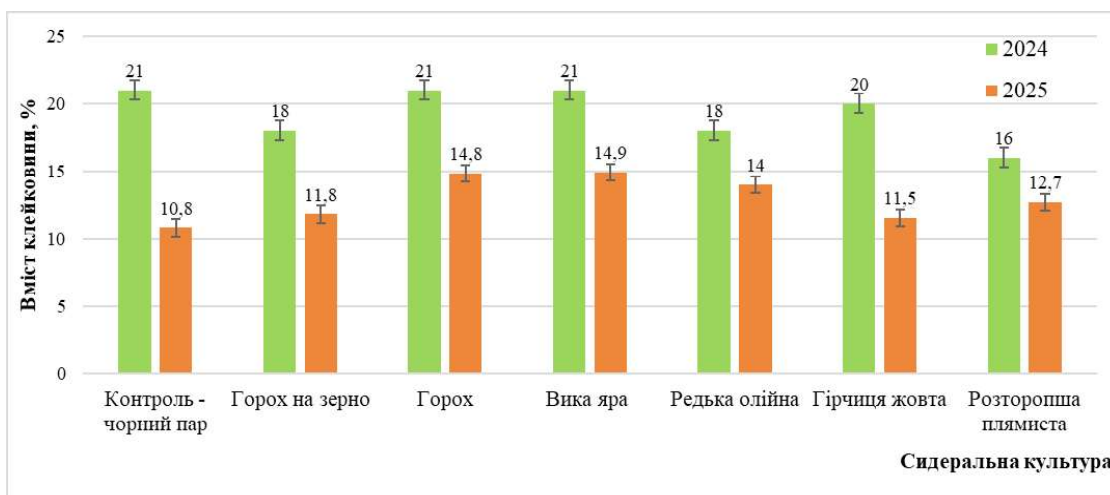


Рис. 4. Вміст клейковини у зерні пшениці озимої за впливу попередників – сидеральних культур, 2024–2025 рр.

Бобові сидерати (горох та вика яра) показали стабільність у забезпеченні високої якості зерна пшениці озимої за вмістом клейковини. У 2024 р. цей показник утримувався на високому рівні (21,0 %), а в 2025 р. він був дещо нижчим (14,8 та 14,5 % у варіанті з горохом і викою ярою відповідно), однак перевищував вміст клейковини порівняно з іншими варіантами. Перевищення цих показників над контролем (+4,0 % та +3,7 % відповідно), підтверджує ефективність біологічної фіксації азоту. Додатковий азот забезпечив пшениці живлення саме у критичні фази наливу зерна, нівелюючи несприятливий вплив погодних умов.

Редька олійна на сидерат забезпечила високий вміст клейковини в зерні пшениці озимої (18,0 % у 2024 р. та 14,0 % у 2025 р.) зі значним перевищенням контролю (+3,2 %), що вказує на її здатність ефективно мобілізувати елементи живлення, які сприяють синтезу клейковини. Менш стійкий вплив проявила сидеральна культура гірчиця порівняно з бобовими, яка зумовила зниження вмісту клейковини до 11,5 % у 2025 р. порівняно з 20,0 % у 2024 р. та максимально наблизивши цей показник до рівня контролю (+0,7 %).

Негативний вплив проявив товарний горох на зерно, застосування якого забезпечило лише 11,8 % клейковини в зерні пшениці озимої у 2025 р. Збір урожаю гороху зумовив виносення азоту, що призвело до зниження якості наступної культури. Найнижчі показники клейковини зафіксовано після використання розторопші плямистої (16,0 та 12,7 % відповідно у 2024 та 2025 рр.), що підтверджує низьку агрономічну цінність цієї культури як

сидерата для поліпшення якісних характеристик зерна пшениці озимої.

Отже, використання бобових культур на сидерат є найефективнішим агроприйомом для підвищення вмісту клейковини в зерні пшениці озимої та мінімізації ризиків різкого падіння якості за несприятливих погодних умов.

Аналіз вологості зерна пшениці озимої за впливу сидеральних культур показав, що загальний діапазон цього показника в обидва роки був низьким (12,5–13,3 %) (рис. 5). Встановлено, що вологість, яка має технологічне та економічне значення, оскільки впливає на витрати на сушіння та безпеку зберігання, відповідає сухій кондиції зерна (до 14 %) та свідчить про своєчасне і якісне дозрівання культури.

Спостерігається загальна тенденція: у більш сприятливому 2024 р. вологість була нижчою (на 0,1–0,3 %) порівняно з 2025 р. Це вказує на те, що кращі погодні умови 2024 р. забезпечили оптимальніше і рівномірніше просихання зерна на стеблі.

Бобові сидерати (горох та вика яра) диференційовано впливали на вологість зерна пшениці озимої та забезпечили найменші її показники в обидва роки (зокрема, 12,5 % у 2024 р. та 12,8 % у 2025 р.). Це обумовлено позитивним впливом сидерації на фізичні властивості ґрунту (структуру, аерацію) та кращим фізіологічним станом рослин, забезпечених біологічним азотом. Такий стан, імовірно, привів до більш фізіологічно завершеного та рівномірного дозрівання зерна пшениці озимої, що сприяло його кращому просиханню.

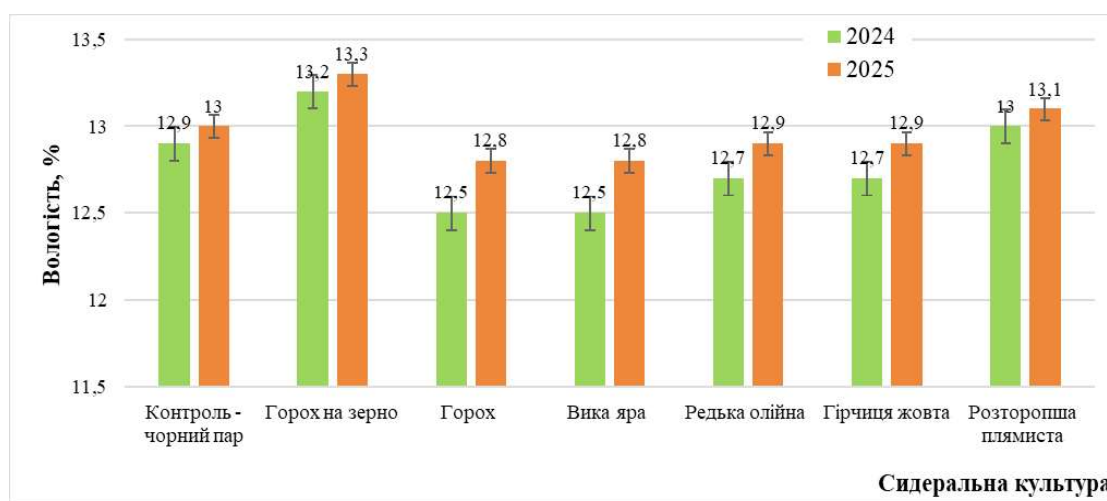


Рис. 5. Вологість зерна пшениці озимої за впливу попередників – сидеральних культур, 2024–2025 рр.

Хрестоцвіті сидерати (редька олійна та гірчиця жовта) показали дещо вищу вологість зерна пшениці озимої у досліджувані роки (12,7–12,9 %) порівняно з бобовими, що вказує на їхній менший вплив на завершальні процеси дозрівання зерна порівняно з інтенсивним азотним ефектом бобових.

Найвища вологість зерна (13,0–13,3 %) зафіксована у варіантах з горохом на зерно та розторопшею плямистою на сидерат. Ці показники корелюють з їхніми низькими показниками якості (білок, клейковина) та урожайності, що, вірогідно, спричинено нерівномірним дозріванням зерна або стресом, який порушив нормальний цикл водообміну у зерні пшениці озимої.

Низький вміст вологи зерна, особливо після бобових сидератів (12,8 % у 2025 р.), є економічно вигідним. Така вологість свідчить про відсутність необхідності в додатковому сушінні, що значно знижує енергетичні та фінансові витрати на післязбиральну доробку зерна. Це підтверджує комплексну перевагу бобової сидерації, яка не лише підвищує урожайність та якість зерна пшениці озимої, а також оптимізує логістичні та технологічні процеси.

Аналіз насипної щільності (натури) зерна пшениці озимої показав позитивний вплив більшості сидеральних культур порівняно з контролем. Спостерігається чітка динаміка, за якої у сприятливому 2024 р. натура була вищою та рівномірнішою, тимчасом у 2025 р. зафіксовано її суттєве зниження у більшо-

сті варіантів через несприятливі умови під час наливання зерна. Наприклад, на контролі (чорний пар) натура знизилася з 750 г/л у 2024 р. до 714 г/л у 2025 р. (рис. 6).

Бобові сидерати забезпечили найвищу стабільність і виповненість зерна пшениці озимої, що є їхньою головною перевагою за стресових умов. Зокрема, у варіанті з горохом на сидерат натура залишалася стабільно високою – 755 г/л в обидва роки. Після вики ярої на сидерат показники становили 760 та 757 г/л відповідно. У 2025 р. ці варіанти забезпечили значне перевищення натури зерна над контролем (+43 та +40 г/л відповідно). Ці результати свідчать про краще живлення рослин пшениці озимої у стресовий період завдяки бобовим сидеральним культурам, що покращують водно-фізичні властивості ґрунту та забезпечують культуру біологічно фіксованим азотом і найвищу виповненість зерна.

Хрестоцвіті сидерати показали високі, але менш стабільні результати. Зокрема, гірчиця жовта забезпечила максимальний показник натури зерна пшениці озимої у 2024 р. 775 г/л, але у 2025 р. він знизився до 726 г/л, що вказує на меншу стійкість культури за використання цього сидерата порівняно з бобовими. Редька олійна на сидерат також показала зниження натури зерна (з 760 до 728 г/л відповідно у 2024 та 2025 рр.), що підтверджує її переважний вплив на фізичні властивості ґрунту, але не на пряме азотне живлення.

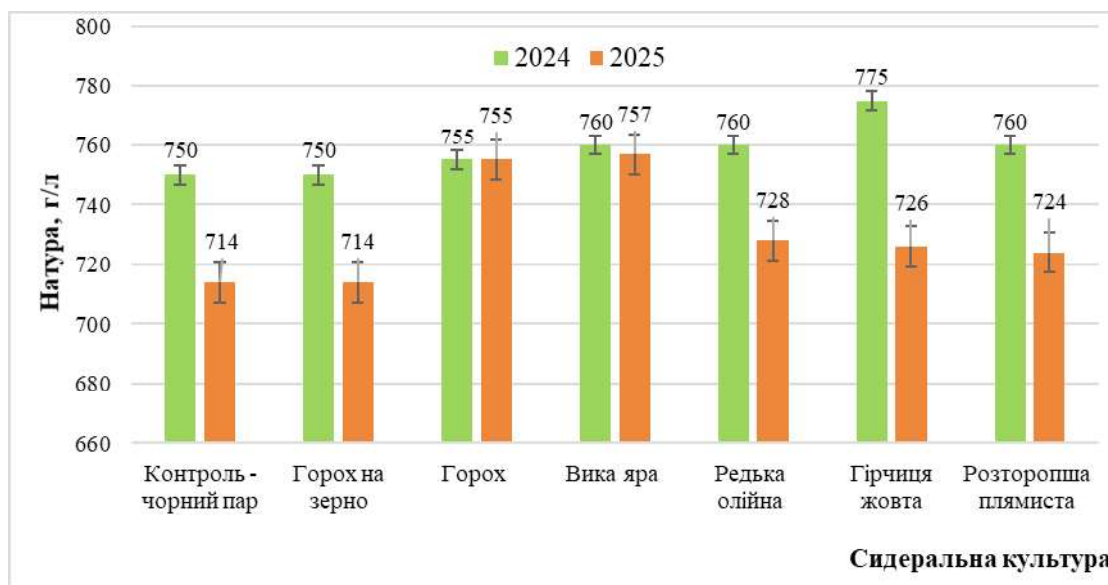


Рис. 6. Насипна щільність (натура) зерна пшениці озимої за впливу попередників – сидеральних культур, 2024–2025 рр.

Неефективними виявилися варіанти з горохом на зерно та розторопшею плямистою на сидерат. Ці культури не забезпечили суттєвої стабілізації натури зерна пшениці озимої. Зниження її показників (з 750 у 2024 р. до 714 г/л у 2025 р.) після гороху на зерно підтверджує нівелювання потенційних переваг бобового попередника внаслідок виведення поживних речовин з ґрунту. Розторопша плямиста на сидерат показала незначний приріст натури до контролю у 2025 р. (+10 г/л). Однак, зважаючи на низьку урожайність та вміст білка в зерні пшениці озимої, цей результат не є достатнім для агрономічного обґрунтування.

Отже, бобові сидерати є найоптимальнішим агроприйомом, який забезпечує стабілізацію та високу виповненість (натуру) зерна пшениці озимої, особливо в умовах абіотичного стресу.

З метою кількісного встановлення взаємозв'язку між продуктивністю посівів пшениці озимої та якісними характеристиками її зерна (білок, клейковина, вологість, насипна щільність) проведено кореляційний аналіз за методом коефіцієнта кореляції Пірсона (r). Встановлено сильний прямий позитивний зв'язок у сприятливому 2024 р. між урожайністю пшениці озимої та якісними показниками її зерна – вмістом білка ($r = +0,69$) та клейковини ($r = +0,72$). У менш сприятливому 2025 р. цей зв'язок став дуже сильним та функціональним і становив відповідно $r = +0,94$ – для білка та $r = +0,97$ – для клейковини. Така динаміка підтверджує, що у стресових умовах 2025 року ефективність сидерального живлення (зокрема, біологічного азоту бобових сидератів) одночасно обумовлює високий рівень урожаю (770 кг/га) та здатність рослин пшениці озимої синтезувати білок (до 10,9 %).

Встановлено сильний обернений негативний корелятивний зв'язок (r = від -0,75 до -0,93) упродовж 2024–2025 рр. між вологістю та показниками, такими як урожайність, білок і клейковина зерна пшениці озимої. Такі показники свідчать про фізіологічно завершене формування її врожаю та рівномірне дозрівання зерна на момент збирання. Обернений зв'язок підкреслює, що варіанти з високою вологістю (горох на зерно, розторопша плямиста) обумовлюють найнижчу якість зерна пшениці озимої.

Сильний прямий кореляційний зв'язок у досліджений період між натурою та білком і натурою та клейковиною зерна (r = від +0,61 до +0,84) підтверджує, що виповнене, крупне зерно (висока натура) створює кращі умови

для синтезу та накопичення білка. Відмічено, що у стресових погодних умовах 2025 р. ефективність сидерального живлення стала вирішальним чинником, який одночасно визначає високу залежність ($r = +0,84$) між рівнем урожайності і здатністю рослин синтезувати білок. Це обумовлює синергетичне зростання як кількісних, так і якісних характеристик зерна пшениці озимої.

Висновки. Використання сидеральних попередників, особливо бобових (горох та вика яра), забезпечує суттєвий приріст врожаю пшениці озимої порівняно з контролем. Найвищий приріст (до 42,6 % після гороху на сидерат у несприятливому за погодними умовами 2025 р.) підтверджує ефективність сидерації як буферного чинника та надійного джерела азоту.

Найвищий і найбільш стабільний вміст білка та клейковини у зерні пшениці озимої (до 10,9 % білка та 14,8 % клейковини у 2025 р.) забезпечують бобові сидерати, тимчасом хрестоцвіті мають хоч і позитивний, але менш стійкий вплив.

Недоцільність застосування сидеральних попередників – товарного гороху на зерно та розторопші плямистої зумовлена зниженням урожайності у 2025 р. (відповідно на 14,3 та 27,6 % порівняно з контролем) та якості (до 8,5 % білка після гороху на зерно) зерна пшениці озимої, що свідчить про виснаження ґрунту.

Сидерація бобовими культурами забезпечує оптимізацію технологічних показників зерна пшениці озимої, зокрема сприяє підвищенню натури (до 757 г/л) та зниженню вологості зерна (до 12,8 %), що є економічно вигідним і зменшує витрати на післязбиральну доробку.

Сильний прямий позитивний кореляційний зв'язок ($r = +0,97$) між урожайністю та якістю зерна пшениці озимої обумовлює ефективність сидерації, яка забезпечує синергетичне зростання кількісних і якісних показників культури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Перехід від традиційної до екобезпечної органічної системи землеробства в умовах змін клімату – виклики та шляхи вирішення / Л.І. Моклячук та ін. Збалансоване природокористування. 2020. № 2. С. 100–109. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2020.208819
2. Khangura R., Ferris D., Wagg C., Bowyer J. Regenerative agriculture – A literature review on the practices and mechanisms used to improve soil health. Sustainability. 2023. Vol. 15. Issue 3. 2338 p. DOI: 10.3390/su15032338

3. Barbieri P., Starck T., Voisin A.S., Nesme T. Biological nitrogen fixation of legumes crops under organic farming as driven by cropping management: A review. *Agricultural Systems*. 2023. Vol. 205. 103579 p. DOI: 10.1016/j.agsy.2022.103579
4. Das S., Kim P.J., Nie M., Chabbi A. Soil organic matter in the anthropocene: Role in climate change mitigation, carbon sequestration, and food security. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024. Vol. 375. 109180 p. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109180
5. Full-season cover crops and their traits that promote agroecosystem services / C. Wagg et al. *Agriculture*. 2021. Vol. 11. Issue 9. 830 p. DOI: 10.3390/agriculture11090830
6. Новохацький М.Л., Таргоня В.С., Бондаренко О.А. Концепція інтенсифікації біологічного агровиробництва. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2018. Вип. 22 (36). С. 132–140. DOI: 10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-130-138
7. Riviere C., Bethinger A., Bergez J.E. The effects of cover crops on multiple environmental sustainability indicators – a review. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. No 9. 2011 p. DOI: 10.3390/agronomy12092011
8. Pál V., Zsombik L. Effect of common vetch (*Vicia sativa* L.) green manure on the yield of corn in crop rotation system. *Agronomy*. 2023. Vol. 14. No 1. 19 p. DOI: 10.3390/agronomy14010019
9. Eash L., Berrada A.F., Russell K., Fonte S.J. Cover crop impacts on water dynamics and yields in dryland wheat systems on the Colorado Plateau. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No 6. 1102 p. DOI: 10.3390/agronomy11061102
10. Li X., Shi J., Chen J., Tian X. Beneficial Effects on Winter Wheat Production of the Application of Legume Green Manure during the Fallow Period. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. No 1. 203 p. DOI: 10.3390/plants14162476
11. Effects of cultivars and nitrogen management on wheat grain yield and protein / D. Ghimire et al. *Agronomy Journal*. 2021. Vol. 113. Issue 5. P. 4348–4368. DOI: 10.1002/agg2.20836
12. Sadra S., Mohammadi G., Mondani F. Nitrogen release dynamics and carbon sequestration by legume and non-legume cover crops under pure and mixed planting conditions. *Agriculture*. 2023. Vol. 69. Issue 1. P. 13–26. DOI: 10.2478/agri-2023-0002
13. Interactive effects of nitrogen and sulfur nutrition on growth, development, and physiology of *Brassica carinata* A. / S. Kumar et al. *Brassica napus* L. Sustainability. 2021. Vol. 13. Issue 13. 7355 p. DOI: 10.3390/su13137355
14. Амонс С.Е. Вплив фізіологічних особливостей на продуктивність конюшини лучної при підпокривному вирощуванні в умовах правобережного Лісостепу. Сільське господарство та лісівництво. 2024. № 4 (35). С. 82–96. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-8
15. Crop yield and economics of cropping systems involving different rotations, tillage, and cover crops / J. Singh et al. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2021. Vol. 76. Issue 4. P. 340–348. DOI: 10.2489/jswc.2021.00117
16. Optimizing Cover Crop Management in Eastern Nebraska: Insights from Crop Simulation Modeling Agronomy / A. Shiferaw et al. 2024. Vol. 14. Issue 7. 1561 p. DOI: 10.3390/agronomy14071561
17. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Вінниця: Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
18. Effects of green manure returning on soil microbial biomass carbon and mineralization of organic carbon in smash ridging paddy field / J. Zheng et al. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 2021. Vol. 29. Issue 4. P. 691–703. DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.200428
19. Лихочвор В., Іванюк В., Блатних Т., Саліков Д. Оцінка сої як попередника під озиму пшеницю в умовах західного Лісостепу України. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agronomy*. 2024. Vol. 28. P. 67–73. DOI: 10.31734/agronomy2024.28.067
20. Дідур І.М., Панцирева Г.В., Яковець Л.А. Екологічна стійкість сортів пшениці озимої. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 140. С. 125–131. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.140.16
21. Nitrogen yields and biological nitrogen fixation of winter grain legumes / R.W. Neugschwandtner et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Issue 4. 681 p. DOI: 10.3390/agronomy11040681
22. Biological nitrogen fixation of cool season legumes in agronomic systems of the Southern Great Plains / J. MacMillan et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2022. Vol. 5. Issue 1. e20244. DOI: 10.1002/agg2.20244
23. Nitrogen fixation and transfer between legumes and cereals under various cropping regimes / Y. Zhao et al. *Rhizosphere*. 2022. Vol. 22. 100546. DOI: 10.1016/j.rhisph.2022.100546
24. Zenda T., Liu S., Dong A., Duan H. Revisiting sulphur – The once neglected nutrient: It's roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. *Agriculture*. 2021. Vol. 11. Issue 7. 626 p. DOI: 10.3390/agriculture11070626
25. Wieser H., Koehler P., Scherf K.A. Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. *Cereal Chemistry*. 2023. Vol. 100. Issue 1. P. 23–35. DOI: 10.1002/cche.10572

REFERENCES

1. Mokliachuk, L.I., Lishchuk, A.M., Draha, M.V., Horodyska, I.M., Plaksiuk, L.B., Ternovyi, Yu.V. (2020). Perekhid vid tradytsiinoi do ekobezpechnoi orhanichnoi systemy zemlerobstva v umovakh zmin klimatu – vyklyky ta shliakhy vyrishennia [Transition from traditional to environmentally safe organic farming system in the context of climate change – challenges and solutions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Sustainable use of nature]*. no. (2), pp. 100–109. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2020.208819

2. Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., Bowyer, J. (2023). Regenerative agriculture – A literature review on the practices and mechanisms used to improve soil health. *Sustainability*. Vol. 15(3), 2338 p. DOI: 10.3390/su15032338
3. Barbieri, P., Starck, T., Voisin, A.S., Nesme, T. (2023). Biological nitrogen fixation of legumes crops under organic farming as driven by cropping management: A review. *Agricultural Systems*. Vol. 205, 103579 p. DOI: 10.1016/j.agsy.2022.103579
4. Das, S., Kim, P.J., Nie, M., Chabbi, A. (2024). Soil organic matter in the anthropocene: Role in climate change mitigation, carbon sequestration, and food security. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 375, 109180 p. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109180
5. Wagg, C., van Erk, A., Fava, E., Comeau, L.P., Mitterboeck, T.F., Goyer, C., Mills, A. (2021). Full-season cover crops and their traits that promote agroecosystem services. *Agriculture*. Vol. 11(9), 830 p. DOI: 10.3390/agriculture11090830
6. Novokhatskyi, M.L., Tarhonia, V.S., Bondarenko, O.A. (2018). Kontseptsiiia intensyfikatsii biolohichnoho ahrovyrobnystva [The concept of intensification of biological agroproduction]. *Tekhniko-tekhonolohichni aspekty rozvytku ta vyprovuvannia novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy* [Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture in Ukraine]. Vol. 22(36), pp. 132–140. DOI: 10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-130-138
7. Riviere, C., Bethinger, A., Bergez, J.E. (2022). The effects of cover crops on multiple environmental sustainability indicators – a review. *Agronomy*. Vol. 12, no. 9, 2011 p. DOI: 10.3390/agronomy12092011
8. Pál, V., Zsombik, L. (2023). Effect of common vetch (*Vicia sativa* L.) green manure on the yield of corn in crop rotation system. *Agronomy*. Vol. 14, no. 1, 19 p. DOI: 10.3390/agronomy14010019
9. Eash, L., Berrada, A.F., Russell, K., Fonte, S.J. (2021). Cover crop impacts on water dynamics and yields in dryland wheat systems on the Colorado Plateau. *Agronomy*. Vol. 11, no. 6, 1102 p. DOI: 10.3390/agronomy11061102
10. Li, X., Shi, J., Chen, J., Tian, X. (2024). Beneficial Effects on Winter Wheat Production of the Application of Legume Green Manure during the Fallow Period. *Agronomy*. Vol. 14(1), 203 p. DOI: 10.3390/plants14162476
11. Ghimire, D., Das, S., Mueller, N.D., Creech, C.F., Santra, D., Baenziger, P.S., Maharjan, B. (2021). Effects of cultivars and nitrogen management on wheat grain yield and protein. *Agronomy Journal*. Vol. 113(5), pp. 4348–4368. DOI: 10.1002/agt2.20836
12. Sadra, S., Mohammadi, G., Mondani, F. (2023). Nitrogen release dynamics and carbon sequestration by legume and non-legume cover crops under pure and mixed planting conditions. *Agriculture*. Vol. 69(1), pp. 13–26. DOI: 10.2478/agri-2023-0002
13. Kumar, S., Seepaul, R., Small, I.M., George, S., O'Brien, G.K., Marois, J.J., Wright, D.L. (2021). Interactive effects of nitrogen and sulfur nutrition on growth, development, and physiology of *Brassica carinata* A. Braun and *Brassica napus* L. *Sustainability*. Vol. 13, Issue 13, 7355 p. DOI: 10.3390/su13137355
14. Amons, S.Ye. (2024). Vplyv fiziologichnykh osoblyvostei na produktyvnist koniushyny luchnoi pry pidpokryvnomu vyroshchuvanni v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu [The influence of physiological features on the productivity of meadow clover under cover cultivation in the right-bank Forest-Steppe conditions]. *Siliske hospodarstvo ta lisivnytstvo* [Agriculture and Forestry]. no. 4(35), pp. 82–96. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-8
15. Singh, J., Wang, T., Kumar, S., Xu, Z., Sexton, P., Davis, J., Bly, A. (2021). Crop yield and economics of cropping systems involving different rotations, tillage, and cover crops. *Journal of Soil and Water Conservation*. Vol. 76, Issue 4, pp. 340–348. DOI: 10.2489/jswc.2021.00117
16. Shiferaw, A., Birru, G., Tadesse, T., Schmer, M.R., Awada, T., Jin, V.L., Sohoulade, C. (2024). Optimizing Cover Crop Management in Eastern Nebraska: Insights from Crop Simulation Modeling. *Agronomy*. Vol. 14, Issue 7, 1561 p. DOI: 10.3390/agronomy14071561
17. Tsytisiura, Ya.H., Neilik, M.M., Didur, I.M., Polishchuk, M.I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsii suchasnykh system zemlerobstva [Sideration as a basic component of biologization of modern farming systems]. *Vinnytsia, Publisher LLC "Druk"*, 770 p.
18. Zheng, J., Hu, J., Wei, X., Wei, Y., Su, S., Li, T., Zhang, J. (2021). Effects of green manure returning on soil microbial biomass carbon and mineralization of organic carbon in smash ridging paddy field. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. Vol. 29, Issue 4, pp. 691–703. DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.200428
19. Lykhochvor, V., Ivaniuk, V., Bliatnyk, T., Salikov, D. (2024). Otsinka soi yak poperednyka pid ozymu pshenytsiu v umovakh zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of Soybean as a Predecessor Crop for Winter Wheat under the Conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agronomy*. Vol. 28, pp. 67–73. DOI: 10.31734/agronomya2024.28.067
20. Didur, I.M., Pantsyryeva, H.V., Yakovets, L.A. (2024). Ekolohichna stiiikist sortiv pshenytsi ozymoi [Ecological stability of winter wheat varieties]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky* [Tavria Scientific Bulletin. Agricultural Sciences]. no. 140, pp. 125–131. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.140.16
21. Neugschwandtner, R.W., Bernhuber, A., Kammlander, S., Wagentristl, H., Klimek-Kopyra, A., Lošák, T., Kaul, H. P. (2021). Nitrogen yields and biological nitrogen fixation of winter grain legumes. *Agronomy*. Vol. 11, Issue 4, 681 p. DOI: 10.3390/agronomy11040681
22. MacMillan, J., Adams, C.B., Hinson, P.O., DeLaune, P.B., Rajan, N., Trostle, C. (2022). Bio-

logical nitrogen fixation of cool season legumes in agronomic systems of the Southern Great Plains. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. Vol. 5, Issue 1, e20244. DOI: 10.1002/agg2.20244

23. Zhao, Y., Tian, Y., Li, X., Song, M., Fang, X., Jiang, Y., Xu, X. (2022). Nitrogen fixation and transfer between legumes and cereals under various cropping regimes. *Rhizosphere*. Vol. 22, 100546 p. DOI: 10.1016/j.rhisph.2022.100546

24. Zenda, T., Liu, S., Dong, A., Duan, H. (2021). Revisiting sulphur –The once neglected nutrient: It's roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. *Agriculture*. Vol. 11, Issue 7, 626 p. DOI: 10.3390/agriculture11070626

25. Wieser, H., Koehler, P., Scherf, K.A. (2023). Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. *Cereal Chemistry*. Vol. 100, Issue 1, pp. 23–35. DOI: 10.1002/cche.10572

Influence of green manure predecessors on the yield and grain quality of winter wheat under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Lishchuk A., Kravchuk Yu.

The relevance of stabilizing yields and improving the quality of winter wheat grain is due to global food security requirements, the need to minimize negative anthropogenic impacts on agroecosystems, and the importance of transitioning to organic farming in Ukraine. A study was conducted on the effect of various green manure crops (peas, spring vetch, oil rad-

ish, yellow mustard, and spotted milk thistle) on the yield and quality characteristics of winter wheat grain during 2024–2025 in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The main objective of the study was to scientifically substantiate the effectiveness of green manure as a biological source of nutrition in the absence of mineral fertilizers and to determine its ability to neutralize the negative correlation between yield and quality. The use of green manure provides a stable and significant increase in winter wheat yield compared to the control (fallow land). Leguminous green manure crops proved to be the most effective (for example, after peas, the yield increase reached 42.6 % in 2025), confirming their importance as a source of biological nitrogen. Leguminous green manure crops also improve grain quality (protein content up to 10.9 %, gluten content up to 14.8 %) and enhance its technological characteristics (moisture content reduced to 12.8 %). At the same time, the use of commercial peas and spotted milk thistle as precursors is considered inappropriate due to a significant decrease in yield (by 14.3 % and 27.6 %, respectively) and deterioration in grain quality. The use of leguminous green manure provides synergistic growth in the quantitative and qualitative indicators of winter wheat, which is important for obtaining high-quality food grain and implementing the principles of organic farming.

Key words: sideration, winter wheat, yield, grain quality, protein, gluten, moisture content, organic farming.



Copyright: Ліщук А.М., Кравчук Ю.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Ліщук А.М.

Кравчук Ю.А.

<https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

<https://orcid.org/0009-0003-6878-7700>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.53.01/.04:633.11"324":330.131.5(477.4)

Економічна ефективність вирощування насіння пшениці озимої за різних попередників і строків сівби у центральній частині Лісостепу України

Лось Р.М.¹ , Олефіренко Б.А.¹ , Олефіренко Т.М.¹ ,
Кириленко В.В.¹ , Сабадин В.Я.² 

¹Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України²Білоцерківський національний аграрний університет Сабадин В.Я. E-mail: valia.sabadyan@btsau.edu.ua

Лось Р.М., Олефіренко Б.А., Олефіренко Т.М., Кириленко В.В., Сабадин В.Я. Економічна ефективність вирощування насіння пшениці озимої за різних попередників і строків сівби у центральній частині Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 125–132.

Los' R., Olefirenko B., Olefirenko T., Kyrylenko V., Sabadyan V. Economic efficiency of winter wheat seeds cultivation under various predecessors and sowing periods in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 125–132.

Рукопис отримано: 10.09.2025 р.

Прийнято: 25.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-125-132

Застосовуючи сучасні наукові й практичні підходи в умовах зміни клімату, важливим питанням є реалізація потенціалу урожайності нових сортів пшениці озимої. Метою роботи було провести дослідження з розробки більш досконалих й економічно ефективних агротехнічних прийомів вирощування насіння пшениці озимої після двох попередників та двох строків сівби у центральній частині Лісостепу. Дослідження проводили у Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН України упродовж 2019–2021 рр. Об'єктом досліджень були інноваційні сорти пшениці озимої миронівської селекції: МПП Фортуна, МПП Ювілейна, МПП Лада, Аврора Миронівська, МПП Лакомка і Подольанка (стандарт). Проводили дослідження після двох попередників: соя і соняшник та за сівби 25 вересня і 5 жовтня. У середньому за 3 роки досліджень найвищу врожайність отримали після попередника соняшник у сортів: МПП Ювілейна за сівби 25 вересня – 5,52 т/га, за сівби 5 жовтня – 4,84 т/га; МПП Фортуна – 4,30 та 4,81 т/га відповідно. За сівби після попередника соя найвищу врожайність отримали у сорту МПП Ювілейна за сівби 25 вересня – 6,25 т/га. За сівби 5 жовтня у сортів МПП Фортуна і МПП Ювілейна отримали урожай – 5,47 і 5,0 т/га відповідно. Отримані результати свідчать про те, що в умовах центральної частини Лісостепу висівати пшеницю озиму краще після попередника соя з 25 до 30 вересня, після попередника соя сорт МПП Фортуна краще висівати з 5 до 10 жовтня. Собівартість вирощування пшениці озимої залежно від попередника соняшник за першого строку сівби (25.09) варіювала від 3841 до 5183 грн/т, за другого (05.10) – від 4206 до 6310 грн/т. Умовно чистий прибуток становив після попередника соняшник від 19700 до 34000 грн/т за першого строку сівби та за другого – 12400 і 29200 грн/т, а після попередника соя – 25300, 41300 і 16600, 33500 грн/т відповідно. За сівби 25 вересня найвищий прибуток 41300 і 34000 грн/т зафіксували у МПП Ювілейна після попередника соя і соняшник.

Ключові слова: пшениця озима, сорт, строк сівби, урожайність, економічна ефективність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Однією з основних умов одержання сталих урожаїв пшениці озимої є дотримання рекомендацій вирощування. Зі змінами у структурі посівних площ та збільшенням частки олійних культур, вирощування пшениці озимої здійснюють з порушенням рекомендацій наукових установ. Сівбу проводять після невивчених попередників, таких як соняшник та інші культури. Поступові зміни клімату в сторону потепління, та більш інтенсивний розвиток восени сучасних сортів пшениці, спонукають до удосконалення наявних та розробки нових агроприйомів вирощування пшениці озимої [1–3].

Галузь рослинництва є переважно виробничим напрямом діяльності агропідприємств, тому обрахунки собівартості є важливим щодо аналізу ефективності виробництва і оптимізації витрат. Критерієм економічної ефективності виробництва продукції рослинництва та упровадження елементів технології й організаційно-економічних заходів є рівень окупності затрат. Багатогранність і важливість проблеми потребує пошуку нових підходів та подальшого дослідження й впровадження інновацій [4–6].

В усіх зонах України найвищого врожаю зерна пшениці озимої можна досягти за умови оптимального строку сівби, який встановлюють з урахуванням особливостей сорту, ґрунтово-кліматичних умов, агротехніки та погодних даних у передпосівний період. Більшість учених стверджують, що зміщення строків сівби від оптимальних як у сторону ранніх, так і пізніх, не враховуючи особливості сорту і року, істотно впливає на ріст і розвиток рослин, стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища: морозо- й зимостійкість, виживання рослин, густоту продуктивного стеблостою, що призводить до суттєвого зниження урожайності [7–11].

За результатами економічного аналізу для умов Південного Степу України визначено, що більш економічно ефективно вирощувати сорти пшениці Босфор та Лінкор, які формують врожайність зерна на рівні 5,24–5,58 т/га, з виробничими витратами на виробництво 18,4–18,5 тис. грн/га, це забезпечило отримання чистого прибутку на рівні 34,0–37,3 тис. грн/га та рівня рентабельності вирощування – 184,1–201,3 % [6].

Досліджуючи урожайність й економічну ефективність сортів пшениці м'якої озимої Ластівка одеська та Голубка одеська щодо впливу попередників, строків сівби та мінерального живлення у Північному Степу,

відмічено формування зерна третього класу якості за урожайності 4,81–6,05 т/га та рентабельності виробництва 121–145 % [9].

За результатами досліджень, які було проведено в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН установлено, що на низькородючих ґрунтах зони Західного Лісостепу найвищу рентабельність (137,1–144,6 %) вирощування насіння еліти отримано за впровадження у виробництво сортів лісостепового екологічного типу: МІП Вишиванка, Квітка полів і Співанка Поліська [12].

На темно-каштанових середньосуглинкових слабосолонцюватих ґрунтах в умовах дослідного поля Інституту зрошувального землеробства НААН установлено вплив досліджуваних чинників на економічні показники вирощування пшениці озимої. Отримано урожайність зерна 4,96 т/га за собівартості 2,311 тис. грн, чистим прибутком 16,1 тис. грн і рівнем рентабельності 144,5 % [13].

Аграрна наука та виробництво зосереджені на поєднанні всіх агротехнічних операцій, які забезпечують отримання високої урожайності. Ефективність виробництва зерна пшениці озимої визначається його конкурентоздатністю на ринку залежно від попиту, отриманого прибутку, собівартості виробленої продукції і рівня рентабельності. Враховуючи наукові досягнення інших науковців, подальших досліджень потребує вивчення економічної ефективності вирощування пшениці озимої в умовах центральної частини Лісостепу [14–20].

Метою роботи було проведення досліджень з розробки більш досконалих й економічно ефективних агротехнічних прийомів вирощування насіння пшениці озимої після попередників соняшник та соя за строків сівби 25 вересня, 5 жовтня у центральній частині Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) упродовж 2018/19–2020/21 рр. Об'єктом досліджень слугували п'ять інноваційних сортів пшениці озимої миронівської селекції: МІП Фортуна, МІП Ювілейна, МІП Лакомка, МІП Лада, Аврора Миронівська та Подолянка (стандарт). Досліди були проведені після двох попередників: соя і соняшник. Сівбу проводили 25 вересня і 5 жовтня (відхилення у 1–3 доби). У центральній частині Лісостепу роки досліджень були контрастними за кількістю опадів, вони нерівномірно розподілялися упродовж місяців. Вологозабезпечення стало обмежувачим

чинником, що вплинуло на реалізацію потенційної врожайності сортів пшениці озимої. Посушливими були 2018/19 та 2019/20 вегетаційні періоди. Сумарна кількість опадів у ці роки становила 519,5 та 382,4 мм відповідно. У 2018/19 р. випало 89,3 % опадів у порівнянні з середньобогаторічними показниками, тимчасом у 2019/20 р. цей показник становив 65,7 %. У осінній період 2019/20 р. спостерігали значний дефіцит вологи, який становив 43,7 мм або 33,1 % від середньобогаторічного значення. У 2020/21 р. сума опадів наблизилася до середньобогаторічної норми (582,0 мм) і становила 608,2 мм, або 104,5 %.

Розрахунки економічної ефективності виробництва насіння пшениці озимої в умовах центральної частини Лісостепу здійснено за цінами 2021 р.

Результати дослідження та обговорення. У середньому за 3 роки досліджень найвищу врожайність після попередника сояшник отримали у сортів: МПП Ювілейна за сівби 25 вересня – 5,52 т/га, за сівби 5 жовтня – 4,84 т/га; МПП Фортуна – 4,30 та 4,81 т/га відповідно. Найнижчу урожайність відмітили за сівби 5 жовтня у сортів МПП Лакомка та Аврора Миронівська: 3,36 і 3,83 т/га відповідно після попередника сояшник (рис. 1).

Підвищення ефективності виробництва насіння пшениці озимої неможливе без об'єктивної економічної оцінки різних чинників. У результаті розрахунків встановлено, що собівартість вирощування пшениці озимої залежно від попередника сояшник за першого строку сівби (25.09) в умовах центральної частини Лісостепу варіювала від 3841 до 5183 грн/т, за другого (05.10) – 4206–6310 грн/т (табл. 1).

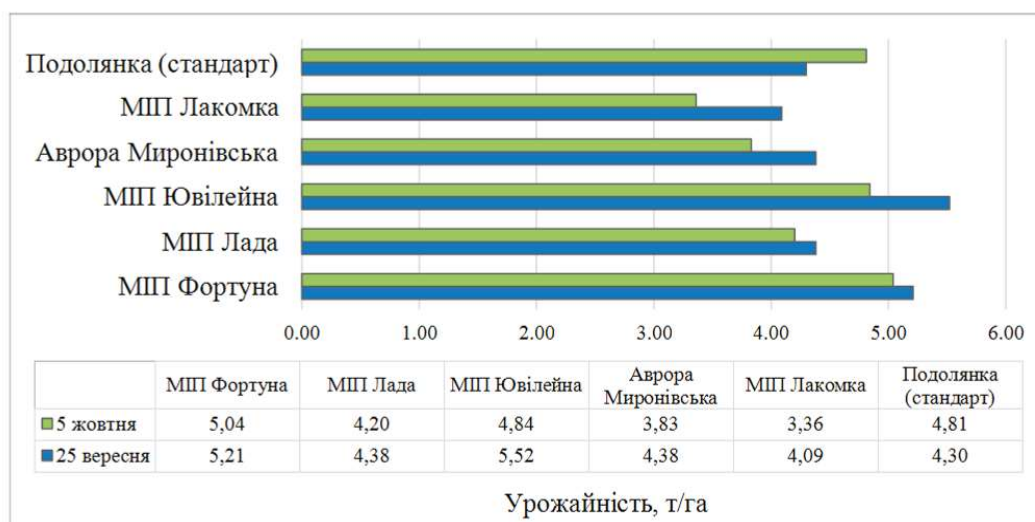


Рис. 1. Урожайність сортів пшениці озимої залежно від попередника сояшник та строків сівби (середнє за 2019–2021 рр.).

Таблиця 1 – Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від попередника сояшник та строків сівби (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт	Строк сівби	Економічні складові		
		вартість основної продукції з 1 га, грн	витрати на вирощування, грн/га	собівартість, грн/т
МПП Фортуна	25.09	52100	21200	4069
	05.10	50400	21200	4206
МПП Лада	25.09	43800	21200	4840
	05.10	42000	21200	5048
МПП Ювілейна	25.09	55200	21200	3841
	05.10	48400	21200	4380
Аврора Миронівська	25.09	43800	21200	4840
	05.10	38300	21200	5535
МПП Лакомка	25.09	40900	21200	5183
	05.10	33600	21200	6310
Подільська (стандарт)	25.09	43000	21200	4930
	05.10	48100	21200	4407

Попри такі результати варто зазначити сорти, які мали найнижчу собівартість за першого строку сівби (25.09) – МП Ювілейна (3841 грн/т) і за другого (05.10) – МП Фортуна (4206 грн/т) у порівнянні зі стандартом. Сорт пшениці твердою озимі МП Лакомка вирізняли за найбільшою собівартістю 5183 і 6310 грн/т відповідно до строків сівби.

У середньому за 3 роки досліджень, за сівби після попередника соя найвищою врожайністю характеризувався сорт МП Ювілейна за сівби 25 вересня – 6,25 т/га. За сівби 5 жовтня у сортів МП Фортуна і МП Ювілейна отримали урожай – 5,47 і 5,0 т/га відповідно. Найнижчу урожайність відмітили за сівби 5

жовтня у сортів МП Лакомка та Аврора Миронівська: 3,78 і 3,99 т/га відповідно (рис. 2).

Собівартість вирощування пшениці озимі, залежно від попередника соя за першого строку сівби видозмінювалася від 3392 до 4559 грн/т, за другого – 3876–5608 грн/т (табл. 2).

Варто зауважити, сорти пшениці м'якої озимі мали найнижчу собівартість за першого строку сівби (25.09) – МП Ювілейна (3392 грн/т) і за другого (05.10) – МП Фортуна (3876 грн/т) у порівнянні зі стандартом. Найнижчою була собівартість за вирощування сортів після попередника соя у порівнянні із соняшником.

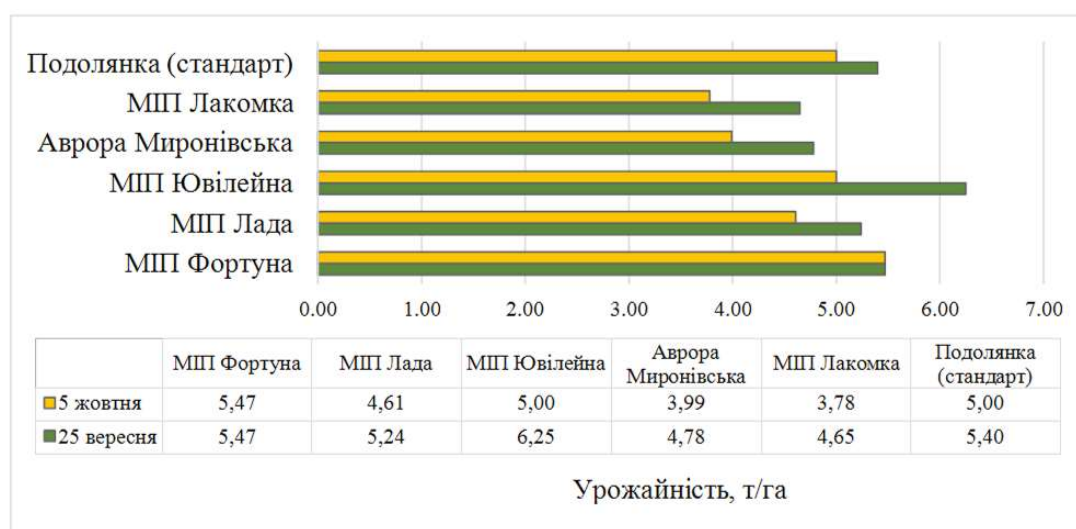


Рис. 2. Урожайність сортів пшениці озимі залежно від попередника соя та строків сівби (середнє за 2019–2021 рр.).

Таблиця 2 – Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимі залежно від попередника соя та строків сівби (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт	Строк сівби	Економічні складові		
		вартість основної продукції з 1 га, грн	витрати на вирощування, грн/га	собівартість, грн/т
МП Фортуна	25.09	54700	21200	3876
	05.10	54700	21200	3876
МП Лада	25.09	52400	21200	4046
	05.10	46100	21200	4599
МП Ювілейна	25.09	62500	21200	3392
	05.10	50000	21200	4240
Аврора Миронівська	25.09	47800	21200	4435
	05.10	39900	21200	5313
МП Лакомка	25.09	46500	21200	4559
	05.10	37800	21200	5608
Подільська (стандарт)	25.09	54000	21200	3926
	05.10	50000	21200	4240

Пріоритетним завданням наших досліджень було збільшення ефективності виробництва насіння інноваційних сортів миронівської селекції та зменшення собівартості виробленої продукції – завдяки отриманню максимального прибутку (табл. 3). В умовах центральної частини Лісостепу умовно чистий прибуток становив після попередника соняшник від 19700 до 34000 грн/т за першого строку сівби (25.09) та за другого (05.10) – 12400 і 29200 грн/т, після попередника соя – 25300, 41300 і 16600, 33500 грн/т відповідно (табл. 3).

Найвищий прибуток 41300 грн/т зафіксували у МПП Ювілейна за сівби 25 вересня і 34000 грн/т – за сівби 25 вересня після попередника соя і соняшник.

В умовах центральної частини Лісостепу собівартість вирощування пшениці озимої залежно від попередника соняшник за першого строку сівби (25.09) варіювала від 3841 до 5183 грн/т, за другого (05.10) – 4206–6310 грн/т. Виділили сорти, у порівнянні із стандартом, які мали найнижчу собівартість за першого строку сівби – МПП Ювілейна (3841 грн/т) і за другого – МПП Фортуна (4206 грн/т). Сорт пшениці твердої озимої МПП Лакомка відмітили за найбільшою собівартістю 5183 і 6310 грн/т відповідно до строків сівби.

Умовно чистий прибуток становив після попередника соняшник від 19700 до

Таблиця 3 – Умовно чистий прибуток (грн/га) за вирощування насіння пшениці після попередників соняшник і соя та двох строків сівби в умовах центральної частини Лісостепу, 2019–2021 рр.

Сорт	Попередник			
	соняшник		соя	
	строк сівби		строк сівби	
	25.09	05.10	25.09	05.10
МПП Фортуна	30900	29200	33500	33500
МПП Лада	22600	20800	31200	24900
МПП Ювілейна	34000	27200	41300	28800
Аврора Миронівська	22600	17100	26600	18700
МПП Лакомка	19700	12400	25300	16600
Подольнка (стандарт)	21800	26900	32800	28800

Висновки. В умовах центральної частини Лісостепу краще висівати пшеницю озиму після попередника соя з 25 до 30 вересня; сівбу базового насіння сорту МПП Ювілейна проводити з 25 вересня до 5 жовтня після попередників соняшник і соя; після попередника соя сорт МПП Фортуна – з 5 до 10 жовтня.

34000 грн/т за першого строку сівби (25.09) та за другого (05.10) – 12400 і 29200 грн/т, а після попередника соя – 25300, 41300 і 16600, 33500 грн/т відповідно. За сівби 25 вересня найвищий прибуток 41300 і 34000 грн/т зафіксували у МПП Ювілейна після попередника соя і соняшник відповідно.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гамаюнова В.В., Панфілова А.В., Аверчев А.В. Продуктивність пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2018. № 103. С. 16–22.
2. Гирка А.Д., Вінюков О.О., Іщенко В.А., Гирка Т.В. Особливості реалізації потенціалу продуктивності сортів озимої та ярої пшениці в умовах Північного Степу України. Бюлетень Інституту Сільського Господарства Степової Зони НААН України. 2016. № 11. С. 49–53.
3. Чугрій Г.А. Формування продуктивності сортів пшениці озимої залежно від строків сівби в умовах Донецької області. Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 178–185.
4. Кернасюк Ю.В. Глобальний ринок пшениці: кон'юнктура і тренди. Агробізнес сьогодні. 2020. № 22 (437). С. 12–16.
5. Мірзоева Т.В., Гуртовенко В.О. Економічна ефективність виробництва пшениці озимої в розрізі виробничих витрат. Бізнес Інформ. 2018. № 10. С. 203–208. URL: https://www.business-inform.net/export_pdf/business_inform-2018-10_0-pages-203_208.pdf.
6. Панфілова А.В., Корхова М.М. Економічна ефективність вирощування різних видів та сортів пшениці озимої. Аграрні інновації. 2025. № 29. С. 95–100. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.29.16
7. Ткачук В.П., Тимошук Т.М. Вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої. Вісник аграрної науки. 2020. № 3 (804). С. 38–44. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-05
8. Nasrallah A. Performance of wheat-based cropping systems and economic risk of low relative productivity assessment in a sub-dry Mediterranean

environment. *European Journal of Agronomy*. 2020. 143. (125968).

9. Астахова Я.В., Гасанова І.І., Кулик А.О. Ефективність вирощування пшениці озимої залежно від строків сівби та удобрення в Північному Степу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 91–97. DOI: 10.31210/visnyk2021.04.11.

10. Tadeusz O. Effekt of sowing date on winter wheat yields in Poland. *Journal of Central European Agriculture*. 2014. No 15 (4). P. 83–99. DOI: 10.5513/JCEA01/15.4.1513.

11. Коновалов Д.В. Економічна ефективність вирощування базового насіння сортів пшениці озимої залежно від строків сівби, норм висіву насіння та позакореневого підживлення азотом в умовах Північного Лісостепу України. *Збірник наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. Вип. 2. С. 136–147.

12. Ефективність вирощування базового насіння пшениці м'якої озимої за різних агротехнологічних заходів / І.С. Волощук та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). С. 21–38. DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-2.

13. Гречишкіна Т.А. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від системи удобрення та методів захисту рослин в умовах південного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 122. С. 10–17. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.2

14. Markovska O.Y., Pikovskyi M.Y., Nikishov O.O. Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 3–4. С. 98–104. DOI: 10.31548/bio2018.03.012

15. Економіка виробництва зерна в зоні Степу України (з основами організації і технології виробництва): монографія / А.В. Черенков та ін. *Дніпропетровськ: Нова ідеологія*, 2015. 300 с.

16. Марковська О.Є., Гречишкіна Т.А. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. *Агробіологія*. 2020. Вип. 1. С. 96–103. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1 96-103.

17. Марковська О.Є., Дудченко В.В., Гречишкіна Т.А., Стеценко І.І. Продуктивність сортів пшениці озимої за різних фонів живлення та методів захисту рослин від кореневих гнилей. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 115. С. 109–117. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.115.15

18. Вожегова Р.А., Кривенко А.І. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої та економічно-енергетичну ефективність технології її вирощування в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 1 (101). С. 39–46. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6.

19. Гамаюнова В.В., Литовченко А.О. Реакція сортів пшениці озимої на фактори та умови вирощування в зоні Степу України. *Вісник ХНАУ*. 2017. № 1. С. 43–52.

20. Середа І.І. Урожайність та економічна ефективність вирощування пшениці озимої по непарових попередниках. *Бюлетень інституту зернового господарства*. 2012. № 3. С. 103–107.

REFERENCES

1. Hamaiunova, V.V., Panfilova, A.V., Averchev, A.V. (2018). Productivity of winter wheat depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the southern Steppe of Ukraine [Productivity of winter wheat depending on elements of cultivation technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskiyi naukoviyi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]*. no. 103, pp. 16–22.

2. Gyrka, A.D., Viniukov, O.O., Ischenko, V.A., Gyrka, T.V. (2016). Features of realization of the productivity potential of winter and spring wheat varieties in Northern Steppe of Ukraine [Peculiarities of realizing the productivity potential of winter and spring wheat varieties in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Biuletyn Institutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy [Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the NAAS of Ukraine]*. no. 11, pp. 49–53.

3. Chuhrii, H.A. (2019). Formuvannia produktyvnosti sortiv pshenytsi ozymoi zalezhno vid strokiv sivy v umovakh Donetskoi oblasti [Formation of productivity of winter wheat varieties depending on sowing dates in the conditions of Donetsk region]. *Tavriiskiyi Naukoviyi Visnyk [Tavria Scientific Bulletin]*. no. 107, pp. 178–185.

4. Kernasiuk, Yu.V. (2020). Hlobalnyi rynok pshenytsi: koniunktura i trendy [Global wheat market: situation and trends]. *Ahrobiznes Sohodni [Agribusiness today]*. no. 22 (437), pp. 12–16.

5. Mirzoieva, T.V., Hurtovenko, V.O. (2018). Ekonomichna efektyvnist vyrobnytstva pshenytsi ozy moi v rozrizi vyrobnychkh vytrat [The economic efficiency of production of winter wheat in the context of production costs]. *Biznes Inform [Business Inform]*. no. 10, pp. 203–208. Available at: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2018-10_0-pages-203_208.pdf.

6. Panfilova, A.V., Korkhova, M.M. (2025). The influence of weather conditions in the spring-summer period and varietal characteristics on the formation of grain quality of soft winter wheat [Economic efficiency of growing different types and varieties of winter wheat]. *Ahrarni innovatsii [Agricultural innovations]*. no. 29, pp. 95–100. DOI: 10.32848/ahrar.innov.2025.29.16

7. Tkachuk, V.P., Tymoshchuk, T.M. (2020). Vplyv strokiv sivy na produktyvnist pshenytsi ozymoi [The influence of sowing dates on the productivity of winter wheat]. *Visnyk Ahrarnoi Nauky [Bulletin of Agricultural Science]*. no. 3(804), pp. 38–44. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-05

8. Nasrallah, A. (2020). Performance of wheat-based cropping systems and economic risk of low relative productivity assessment in a sub-dry Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*. no. 143. (125968).

9. Astakhova, Ya.V., Hasanova, I.I. Kulyk, A.O. (2021). Efektyvnist vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivy ta udobrennia v Pivnichnomu Stepu [Efficiency of winter wheat cultivation depend ing on sowing dates and fertilization in the Northern Steppe]. *Visnyk Poltav'skoi' derzhavnoi' agrarnoi' akademii'* [Bulletin of Poltava State Agrarian University]. no. 4, pp. 91–97. DOI: 10.31210/visnyk2021.04.11.
10. Tadeusz, O. (2014). Effekt of sowing date on winter wheat yields in Poland. *Journal of Central European Agriculture*. no. 15 (4), pp. 83–99. DOI: 10.5513/JCEA01/15.4.1513.
11. Konovalov, D.V. (2016). Economic efficiency of growing pre-basic seeds of winter wheat varieties depending on sowing dates, seeding rates and foliar fertilizing with nitrogen in the conditions of the northern Forest-Steppe of Ukraine [Economic efficiency of growing pre-basic seeds of winter wheat varieties depending on sowing dates, seed sowing rates and foliar nitrogen fertilization in the conditions of the Northern Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk nauk. prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»* [Collection of scientific works of the National Scientific Center "Institute of Agriculture of the NAAS"]. Issue 2, pp. 136–147.
12. Voloshchuk, I.S., Voloshchuk, O.P., Konyk, H.S., Hlyva, V.V., Vorobiova, Yu.V., Hereshko, H.S., Sluchak, O.M. (2022). Efficiency of growing basic seeds of soft winter wheat under various agrotechnological measures [Efficiency of cultivation of basic soft winter wheat seeds under various agro-technological measures]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo* [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]. Issue 71 (2), pp. 21–38. DOI: 10.32636/01308521.2022-(71)-2-2.
13. Hrechyshkina, T.A. (2021). Economic efficiency of growing winter wheat varieties depending on the fertilization system and plant protection methods in the Southern Steppe of Ukraine [Economic efficiency of growing winter wheat varieties depending on the fertilization system and plant protection methods in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavria Scientific Bulletin]. no. 122, pp. 10–17. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.2
14. Markovska, O.Y., Pikovskyi, M.Y., Nikishov, O.O. (2018). Optimization of the system of irrigated winter wheat protection against harmful organisms in southern Ukraine. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya* [Bioresources and environmental management]. Vol. 10, no. 3–4, pp. 98–104. DOI: 10.31548/bio2018.03.012
15. Cherenkov, A.V., Rybka, V.S., Shevchenko, M.S. (2015). *Ekonomika vyrobnytstva zerna v zoni Stepu Ukrainy (z osnovamy orhanizatsii i tekhnologii vyrobnytstva): monohrafiia* [Economics of grain production in the Steppe zone of Ukraine (with the basics of organization and production technology)]. Dnipropetrovsk, New ideology, 300 p.
16. Markovska, O.Ye., Hrechyshkina, T.A. (2020). Produktivnist sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannya v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Productivity of winter wheat varieties depending on elements of cultivation technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrobiologhiia* [Agrobiology]. Issue 1, pp. 96–103. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1 96-103.
17. Markovska, O.Ye., Dudchenko, V.V., Hrechyshkina, T.A., Stetsenko, I.I. (2020). Produktivnist sortiv pshenytsi ozymoi za riznykh foniv zhyvlennia ta metodiv zakhystu ros lyn vid korenevnykh hnylei [Productivity of winter wheat varieties under different nutritional backgrounds and methods of plant protection against root rot]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavria Scientific Bulletin]. Issue 115, pp. 109–117. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.115.15.
18. Vozhehova, R.A., Kryvenko, A.I. (2019). Vplyv biopreparativ na produktivnist pshenytsi ozymoi ta ekonomichno-enerhetychnu efektyvnist tekhnologii yii vyroshchuvannya v umovakh Pivdnia Ukrainy [The influence of biological products on the productivity of winter wheat and the economic and energy efficiency of its cultivation technology in the conditions of the South of Ukraine]. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomia* [Bulletin of the Agricultural Science of the Black Sea Region]. Issue 1 (101), pp. 39–46. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6.
19. Hamaiunova, V.V., Lytovchenko, A.O. (2017). Reaktsiia sortiv pshenytsi ozymoi na faktory ta umovy vyroshchuvannya v zoni Stepu Ukrainy [The reaction of winter wheat varieties to factors and growing conditions in the Steppe zone of Ukraine]. *Visnyk KhNAU* [Bulletin of the KhNAU]. no. 1, pp. 43–52.
20. Sereda, I.I. (2012). Urozhainist ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi po neparovykh poperednykakh [Yield and economic efficiency of growing winter wheat on non-steamed predecessors]. *Biuleten instytutu zernovoho hospodarstva* [Bulletin of the Institute of Grain Economy]. no. 3, pp. 103–107.

Economic efficiency of winter wheat seeds cultivation under various predecessors and sowing periods in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine

Los' R., Olefirenko B., Olefirenko T., Kyrylenko V., Sabadyn V.

Using modern scientific and practical approaches in the context of climate change, an important issue is the realization of yield potential of new winter wheat varieties. The aim of the work was to conduct research on the development of more advanced and cost-effective agrotechnical methods for growing winter wheat seeds after two predecessors and two sowing dates in the central part of the Forest-Steppe. The research was conducted at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the NAAS of Ukraine during 2019–2021. The object of research was innovative winter wheat varieties of Myronivka selection: MIP Fortuna, MIP Yuvileyna, MIP Lada, Aurora Myronivska, MIP Lakomka and Podolyanka (standard). The research was conducted after two predecessors: soybean and

sunflower and during sowing on September 25 and October 5. On average, over 3 years of research the highest yield after the predecessor was obtained in the following sunflower varieties: MIP Yuvileyna, sown on September 25, 5.52 t/ha, and sown on October 5, 4.84 t/ha; MIP Fortuna, 4.30 t/ha and 4.81 t/ha, respectively. When sowing after soybeans, the highest yield was obtained for the MIP Yuvileyna variety, sown on September 25, 6.25 t/ha. During sowing on October 5 the MIP Fortuna and MIP Yuvileyna varieties yielded 5.47 t/ha and 5.0 t/ha respectively.

The results obtained indicate that in central part of the Forest-Steppe it is better to sow winter wheat after soybeans from September 25 to 30, and after soybeans the MIP Fortuna variety is better to sow

from October 5 to 10. The cost of growing winter wheat, depending on the predecessor sunflower, varied from 3841 to 5183 UAH/t for the first sowing period (September 25), and from 4206 to 6310 UAH/t for the second (October 5). Net operating profit after the predecessor sunflower was from 19700 to 34000 UAH/t for the first sowing period and 12400 and 29200 UAH/t for the second, and after the predecessor soybean – 25300, 41300 and 16600, 33500 UAH/t respectively. During sowing on September 25, the highest profit of 41,300 and 34,000 UAH/t was recorded at the MIP Yuvileyna after the predecessors soybean and sunflower.

Key words: winter wheat, variety, sowing date, crop yield, economic efficiency.



Copyright: Лось Р.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Лось Р.М.

<https://orcid.org/0000-0003-1932-3312>

Олефіренко Б.А.

<https://orcid.org/0000-0002-6652-9199>

Олефіренко Т.М.

<https://orcid.org/0009-0001-1102-1216>

Кириленко В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-8096-4488>

Сабадин В.Я.

<https://orcid.org/0000-0002-8397-8973>

АГРОНОМІЯ

УДК 581.524.13:633.85:631.547.1]:633.34:633.854.78

Алелопатичний вплив рослинних решток ріжю посівного на проростання насіння сої та соняшникуЛюбченко І.О. , Рябовол Я.С. , Рябовол Л.О. , Сержук О.П. 

Уманський національний університет



Любченко І.О. E-mail: Lybchenko@meta.ua



Любченко І.О., Рябовол Я.С., Рябовол Л.О., Сержук О.П. Алелопатичний вплив рослинних решток ріжю посівного на проростання насіння сої та соняшнику. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 133–140.

Liubchenko A., Liubchenko I., Riabovol Ia., Riabovol L., Serzhuk O. Alelopathic effect of camelina sativa plant residues on soybean and sunflower seeds germination. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 133–140.

Рукопис отримано: 18.09.2025 р.

Прийнято: 03.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-133-140

Рослини перебувають під взаємним впливом, що обумовлено виділенням ними в навколишнє середовище фізіологічно активних речовин. Алелопатичний вплив може мати позитивний або негативний прояв, що необхідно враховувати плануючи сівоzmіни, підбираючи сидерати та ґрунтопокривні культури, компонує сумісні посіви. Це питання актуальне для ріжю посівного – перспективної олійної культури. Метою досліджень було вивчення алелопатичного впливу рослинних решток ріжю посівного на показники проростання насіння соняшнику та сої. У результаті проведених досліджень виявлено залежність лабораторної схожості насіння, розвитку кореневої системи, висоти та маси проростків досліджуваних культур від концентрації екстракту рослинних решток.

Пророщування насіння сої на екстрактах рослинних решток ріжю мало пригнічувальний ефект. За концентрації 1:100 індекс алелопатичної активності (RI) становив –0,05, інгібуючий ефект відмічено за всіма ростовими показниками окрім розвитку кореневої системи. За концентрації витяжки 1:50 індекс RI становив –0,09, а за концентрації 1:10 –0,13.

Витяжка концентрацією 1:100 справляла невисокий стимулюючий ефект на показники проростання насіння соняшнику (RI=0,04), за вказаної концентрації пригнічувальний вплив виявлено лише на показник висоти проростків. За концентрації екстракту 1:50 алелопатичний індекс становив –0,12, найвищий пригнічувальний вплив зафіксовано за показником лабораторної схожості насіння (RI = –0,26). Узагальнений індекс алелопатичної активності витяжки концентрацією 1:10 становив –0,31 з варіюванням від –0,26 за показником маси проростка до –0,41 за показником розвитку кореневої системи.

Отже, проведено аналіз алелопатичного впливу рослинних решток ріжю посівного на проростання насіння сої та соняшнику. Встановлено, що екстракт пожнивних решток в концентрації 1:100 позитивно впливає на розвиток проростків соняшнику, а підвищені концентрації – інгібують ростові процеси. Усі апробовані концентрації витяжки біомаси ріжю негативно впливають на показники проростання насіння сої.

Ключові слова: ріжій посівний, соя, соняшник, алелопатія, схожість насіння, проростки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Одним із способів підвищення конкурентоздатності рослин у боротьбі за існування є алелопатія – здатність виділяти в навколишнє середовище фізіологічно активні речовини, що впливають на ріст та розвиток інших організмів біоценозу. Алелохімічні сполуки синтезуються та акумулюються в різних органах рослин і вивільняються у вигляді корневих виділень, летких сполук листового апарату та продуктів розкладання рослинних решток у ґрунті [1, 2].

Алелопатичний вплив може мати позитивний та негативний прояв. Фізіологічно активні виділення однієї і тієї ж рослини одночасно можуть пригнічувати життєздатність одних видів та стимулювати інших. Це необхідно враховувати плануючи сівозміни, підбираючи сидерати та ґрунтопокривні культури, komponуючи сумісні посіви [3, 4]. Це питання є актуальним для ріжю посівного (*Camelina sativa* (L.) Crantz) – цінної, але малопоширеної культури.

Рижій посівний – перспективна олійна культура. Рижієва олія має високий вміст олеїнової, лінолевої, ліноленової жирних кислот і низький вмістом ерукової кислоти, що робить її придатною для харчових цілей. Завдяки збалансованому комплексу натуральних антиоксидантів, вітамінів і біологічно активних речовин вона має лікувальні та дієтичні властивості. Її вживання має терапевтичний та профілактичний ефект за серцево-судинних захворювань, цукрового діабету, порушень обміну речовин, фізичних і нервових виснажень [5–7].

Рижій є технічною та енергетичною культурою – олію використовують для виробництва лаків, фарб, миючих засобів, гуми, пластмас, біодизеля, авіаційного палива тощо [8–10].

Завдяки невибагливості до умов вирощування, резистентності до хвороб та шкідників, скоростиглості рижій можна вирощувати за малозатратних технологій на несприятливих для інших культур територіях [11].

Кореневі виділення та рослинна маса представників родини *Brassicaceae* істотно впливають на культурну, дикорослу та сегетальну рослинність, ґрунтову біоту, шкідників і патогенів [12]. З-поміж цих видів рижій посівний має найпотужніший алелопатичний вплив. З екстрактів фітомаси культури виділено у високих концентраціях низку алелохімічних речовин (хлорогенова, ванілова, каваова та сиринова кислоти, ванілін тощо), що належать до шести хімічних класів: фенольні альдегіди, біофлавоноїди, флавоно-

їдні глікозиди, флавоноли, гідроксибензойні та гідроксикоричні кислоти [13]. Вміст алелопатичних сполук у тканинах ріжю зменшується з віком рослин. Триденні проростки містять близько 60 % наявних у насінні глікозинолатів, а семиденні – до 25 %. У зрілих рослин найбільше накопичення глікозинолатів відмічено у коренях і насінні, найменше – у пагонах [14].

Алохімічні виділення ріжю справляють фунгіцидну дію на збудників хвороб сільськогосподарських культур. Лабораторними дослідженнями відмічено пригнічувальну дію екстрактів біомаси ріжю на збудники вугільної гнилі (*Fusarium oryzae* Schlecht.) та фузаріозу (*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.) сої (*Glycine max* (L.) Merr.) [15]. За використання ріжю попередником і покривною культурою зменшувалось ураження рослин кукурудзи (*Zea mays* L.) та сої корневими гнилями (гриби роду *Pythium spp.*) [16]. Вирощування ріжю на штучно зараженому ґрунті соєвою нематодою (*Heterodera glycines* Ichinohe) знижувало розвиток цист на 48 % [17].

Відмічено гербіцидний вплив фітомаси ріжю на бур'яни. За сумісного вирощування ріжю та гороху (*Pisum sativum* L.) зафіксовано істотне зменшення чисельності виткої гречки берізкової (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Love), осоту жовтого (*Sonchus arvensis* L.) і ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* L.). Проте на осот польовий (*Cirsium arvense* L.) та пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) рижій не справляв негативного алелопатичного впливу [18]. Відмічено стресовий ефект водних екстрактів біомаси ріжю на проростання насіння амброзії полинолисткої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) [13], вівсюга (*Avena fatua* L.), редьки (*Raphanus sativus* L.) та льону (*Linum usitatissimum* L.) [19].

Неоднотиповим є вплив ріжю на культурні рослини. В бінарних посівах ріжю та гороху відмічено підвищення врожайності обох культур [13]. Висіваючи рижій покривною культурою одночасно з соєю та кукурудзою знижувало їхню врожайність на 10 та 14 % відповідно. Проте підсів ріжю у пізніші фази розвитку не зумовлював істотного зниження продуктивності культур [20].

Отже, дані наукової літератури свідчать про високу алелопатичну активність біомаси ріжю на ґрунтові та патогенні мікроорганізми, культурну та дикорослу рослинність.

Метою досліджень було визначення алелопатичного впливу різних концентрацій

водного екстракту рослинних решток рижію посівного на показники проростання насіння соняшнику та сої.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2025 року в навчально-науковій лабораторії «Біотехнології» Уманського національного університету. Алелопатичний вплив водних екстрактів рослинних решток на проростання насіння визначали прямим біотестуванням за методикою А.М. Гродзінського [21]. Екстрагування соломи рижію ярого проводили у дистильованій воді за співвідношення 1:10, 1:50 та 1:100. Експозиція екстрагування становила 24 годин, температура – 20 °С.

Насіння досліджуваних культур (соя – сорт Аватар, соняшник – Суміко F₁) пророщували на зволоженому екстрактами фільтрувальному папері у чашках Петрі по 50 штук у кожному варіанті. Контролем слугував варіант з пророщуванням насіння в дистильованій воді. Повторність дослідів чотириразова.

Пророщування насіння проводили за температурного режиму 24–25 °С. На восьму добу культивування вивчали вплив водних екстрактів біомаси рижію на лабораторну схожість та біометричні параметри проростків.

На основі отриманих даних визначали індекс алелопатичної активності (RI – *Index of Response*), що характеризує вектор і відносну величину алелопатичного впливу на показники проростання насіння:

$$RI = 1 - (C/T), \text{ якщо } T > C$$

$$RI = (T/C) - 1, \text{ якщо } T < C$$

де T – показник в дослідному варіанті; C – показник в контрольному варіанті.

Якщо $RI > 1$ – спостерігається стимулюючий ефект, якщо $RI < 1$ – пригнічувальний [22].

Результати дослідження та обговорення. У процесі досліджень встановлено алелопатичний вплив водного екстракту рослинних решток рижію посівного на лабораторну схожість насіння дослідних культур (табл. 1).

За пророщування насіння сої в дистильованій воді схожість становила 83,7 %. Використання водної витяжки концентрацією 1:100 знижувало цей показник до 80,2 %. Лабораторна схожість насіння культури на екстрактах вищих концентрацій суттєво знижувалась і становила 72,8–73,0 %.

За низької концентрації екстракту рослинних решток у насіння соняшнику відмічено неістотне підвищення лабораторної схожості. На дистильованій воді цей показник становив 85,6 %, а на витяжці концентрацією 1:100 – 87,2 %. За пророщування насіння на екстрактах концентрацією 1:50 та 1:10 схожість суттєво знижувалась до 63,8 і 58,7 % відповідно.

Концентрація екстракту рослинної біомаси рижію мала вплив на біометричні показники проростків. Висота проростків сої у досліді варіювала в межах 5,8–6,4 см (табл. 2). В експериментальних варіантах висота проростків становила 90,6–96,9 % до контролю. За підвищення концентрації витяжки спостерігали незначне подовження стебла проростків.

Довжина кореневої системи за пророщування на дистильованій воді та екстракті концентрацією 1:100 становила 6,3 см. Використання концентрованіших витяжок (1:50 та 1:10) знижувало інтенсивність розвитку коренів на 6,3 та 19,0 % відповідно. Середня маса проростків сої у досліді становила 0,64 г з варіюванням від 0,57 до 0,69 г. Пророщування насіння на витяжках рослинних решток істотно знижувало масу проростків. За використання витяжки концентрацією 1:100 цей показник становив 0,65 г, концентрацією 1:50 – 0,63 г, а концентрацією 1:10 – 0,57 г.

Висота проростків соняшнику в контрольному варіанті становила 4,5 см (табл. 3). За пророщування насіння на екстрактах концентрацією 1:100 і 1:50 відмічено істотне підвищення (на 11,1 та 4,4 %) цього показника до 5,0 та 4,7 см відповідно. На екстракті концентрацією 1:10 висота проростків знижувалась у порівнянні з контролем на 6,6 % і становила 4,2 см.

Таблиця 1 – Вплив концентрацій екстракту поживних рослинних решток рижію посівного на лабораторну схожість насіння, %

Культура	Умови пророщування				НІР _{0,01}
	дистильована вода (контроль)	концентрація екстракту 1:100	концентрація екстракту 1:50	концентрація екстракту 1:10	
Соя	83,7	80,2	73,0	72,8	3,8
	–	95,8*	87,2*	87,0*	–
Соняшник	85,6	87,2	63,8	58,7	3,6
	–	101,9*	74,5*	68,5*	–

Примітка: *відносно контрольного варіанта.

Таблиця 2 – Вплив концентрацій екстракту поживних рослинних решток ріжю посівного на біометричні показники проростків сої

Умови пророщування	Висота проростка		Довжина кореня		Маса проростка	
	см	% до контролю	см	% до контролю	г	% до контролю
Дистильована вода (контроль)	6,4	–	6,3	–	0,69	–
Концентрація екстракту 1:100	5,8	90,6	6,3	100,0	0,65	94,2
Концентрація екстракту 1:50	6,0	93,8	5,9	93,7	0,63	91,3
Концентрація екстракту 1:10	6,2	96,9	5,1	81,0	0,57	82,6
НІР _{0,01}	0,3	–	0,3	–	0,03	–

Таблиця 3 – Вплив концентрацій екстракту поживних рослинних решток ріжю посівного на біометричні показники проростків соняшнику

Умови пророщування	Висота проростка		Довжина кореня		Маса проростка	
	см	% до контролю	см	% до контролю	г	% до контролю
Дистильована вода (контроль)	4,5	–	5,2	–	0,43	–
Концентрація екстракту 1:100	5,0	111,1	6,4	123,1	0,47	109,3
Концентрація екстракту 1:50	4,7	104,4	4,9	94,2	0,38	88,4
Концентрація екстракту 1:10	4,2	93,3	3,8	73,1	0,32	74,4
НІР _{0,01}	0,2	–	0,3	–	0,02	–

Найінтенсивніший розвиток кореневої системи проростків соняшнику зафіксовано за пророщування насіння на екстракті концентрацією 1:100 – довжина кореня становила 6,4 см, що перевищувало контроль на 23,1 %. Вищі концентрації витяжки пригнічували ризогенез: за концентрації 1:50 довжина коренів була на 5,8 % нижчою від контролю, а за концентрації 1:10 – на 26,9 %. Наприкінці пророщування маса проростків варіювала від 0,32 до 0,47 г. За використання дистильованої води формувались проростки масою 0,43 г. Пророщування насіння на водній витяжці концентрацією 1:100 підвищувало цей показник

на 9,3 %, а на витяжках концентрацією 1:50 і 1:10 знижувало на 11,6 і 25,6 % відповідно.

Проаналізовано алелопатичний індекс впливу екстракту рослинних решток ріжю посівного на показники проростання насіння сої (табл. 4). Пророщування насіння сої на екстрактах рослинних решток ріжю за всіма досліджуваними варіантами мало пригнічувальний вплив. За концентрації 1:100 індекс RI становив –0,05, інгібуючий ефект відмічено за всіма параметрами окрім довжини кореневої системи. За концентрації витяжки 1:50 індекс алелопатичної активності становив –0,09, а за концентрації 1:10 –0,13.

Таблиця 4 – Індекс алелопатичної активності концентрацій екстракту поживних рослинних решток ріжю за проростання насіння сої

Концентрація екстракту	Схожість насіння	Висота проростка	Довжина кореня	Маса проростка	Узагальнений
1:100	–0,04	–0,09	0,00	–0,06	–0,05
1:50	–0,13	–0,06	–0,06	–0,09	–0,09
1:10	–0,13	–0,03	–0,19	–0,17	–0,13

Витяжка концентрацією 1:100 мала невисокий стимулюючий ефект на показники проростання насіння соняшнику ($RI = 0,04$). За вказаної концентрації пригнічувальний вплив виявлено лише на показник висоти проростків (табл. 5).

диференційовані реакції культур на різні концентрації екстракту поживних решток. Розчин у концентрації 1:100 стимулює розвиток проростків соняшнику, натомість вищі концентрації (1:50 та 1:10) проявляють інгібуючий ефект дії. Для сої негативний

Таблиця 5 – Індекс алелопатичної активності концентрацій екстракту поживних рослинних решток ріжю за проростання насіння соняшнику

Концентрація екстракту	Схожість насіння	Висота проростка	Довжина кореня	Маса проростка	Узагальнений
1:100	0,02	-0,11	0,19	0,09	0,04
1:50	-0,26	-0,06	-0,06	-0,12	-0,12
1:10	-0,31	-0,27	-0,41	-0,26	-0,31

За концентрації екстракту 1:50 алелопатичний індекс становив -0,12, а найвищий пригнічувальний вплив зафіксовано за показником лабораторної схожості насіння ($RI = -0,26$). Узагальнений індекс алелопатичної активності витяжки концентрацією 1:10 становив -0,31 з варіюванням від -0,26 за показником маси проростка до -0,41 за розвитком кореневої системи.

Висновки. Проаналізовано алелопатичний вплив рослинних решток ріжю посівного на проростання насіння і початковий ріст проростків сої та соняшнику. Виявлено

вплив екстракту спостерігається за всіх варіантів концентрації.

Для уточнення механізмів алелопатичної дії доцільно провести подальші дослідження, спрямовані на хімічну ідентифікацію основних алелопатичних компонентів фітомаси ріжю, вивчення впливу аллохімічних продуктів у різних ґрунтово-кліматичних умовах, оцінку довготривалого алелопатичного впливу ріжю в польових умовах на біологічну активність агроценозу та продуктивність сумісних посівів і наступних культур сівозміни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Farooq M., Bajwa A.A., Cheema S.A., Cheema Z.A. Application of allelopathy in crop production. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2013. Vol. 15 (6). P. 1367–1378.
2. Сучасні світові досягнення в дослідженнях з алелопатії / В.П. Грахов та ін. *Ecology and noospherology*. 2014. Vol. 25. №. 1–2. P. 121–135. DOI: 10.15421/031412.
3. Гангур В.В. Сівозміни з короткою ротацією в світлі алелопатичних взаємовідносин між культурами: матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта». Полтава, 2021. С. 150–154.
4. Свтушенко Є.А., Доктор Н.М., Новицька Н.В. Алелопатична активність насіння олійних культур: матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика, сортовипробування та агротехнології культурних рослин: виклики та перспективи». Центральне, 2025. С. 43–44.
5. Цикало Т.О., Тржецинський С.Д., Гришина О.В., Рябчун В.К. Дослідження елементного складу ріжю посівного (*Camelina sativa* (L.) Crantz) та ріжю дрібноплодоного (*Camelina microcarpa* Andr.). Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. 2018. Т. 11. № 3 (28). С. 318–321.
6. Faten M.I., El Habbasha S.F. Chemical composition, medicinal impacts and cultivation of camelina (*Camelina sativa*). *International Journal of PharmTech Research*. 2015. Vol. 8. No 10. P. 114–122.
7. Очеретна А.В., Фролова Н.Е. Дослідження якісного складу олії ріжю та перспектив її використання в дієтичному харчуванні. Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. 2020. Т. 31 (70). № 6. С. 76–81. DOI: 10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/14.
8. Neupane D., Lohaus R.H., Solomon J.K.Q., Cushman J.C. Realizing the potential of Camelina sativa as a bioenergy crop for a changing global climate. *Plants*. 2022. Vol. 11 (6). 772 p. DOI: 10.3390/plants11060772.
9. Valorization of camelina oil to biobased materials and biofuels for new industrial uses / M. Arshad et al. *RSC Advances*. 2022. No 12. P. 27230–27245.
10. Каленська С.М., Юник А.В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки Укра-

їни. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2011. № 2. С. 90–96.

11. The opportunities and potential of camelina in marginal land in Europe / F. Zanetti et al. *Industrial Crops and Products*. 2024. Vol. 211. 118224. URL: www.elsevier.com/locate/indcrop; www.elsevier.com/locate/indcrop.

12. Utilizing the allelopathic potential of brassica species for sustainable crop production / S. Rehman et al. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019. Vol. 38. P. 343–356. DOI: 10.1007/s00344-018-9798-7.

13. Inhibitory effects of brassicaceae cover crop on ambrosia artemisiifolia germination and early growth / M. Scepanovic et al. *Plants*. 2021. Vol. 10 (4). 794 p. DOI: 10.3390/plants10040794.

14. Czerniawski P., Piasecka A., Bednarek P. Evolutionary changes in the glucosinolate biosynthetic capacity in species representing *Capsella*, *Camelina* and *Neslia* genera. *Phytochemistry*. 2021. Vol. 181. 112571. DOI: 10.1016/j.phytochem.2020.112571.

15. Arora C., Kaushik R. Fungicidal activity of plants extracts from uttaranchal hills against soybean fungal pathogens. *Allelopathy Journal*. 2003. Vol. 11 (2). P. 217–228.

16. Cover crop rotation effects on growth and development, seedling disease, and yield of corn and soybean / J. Acharya et al. *Plant Disease*. 2020. Vol. 104 (3). P. 677–687.

17. Acharya K., Yan G., Berti M. Can winter camelina, crambe, and brown mustard reduce soybean cyst nematode populations. *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 140 (3). 111637. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669019306478>.

18. Saucke H., Ackermann K. Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*camelina sativa*). *Weed Research*. 2006. Vol. 46 (6). P. 453–461. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2006.00530.x.

19. Allelopathic effects of camelina (*Camelina sativa*) and canola (*Brassica napus*) on wild oat, flax and radish / K.D. Walsh et al. *Allelopathy Journal*. 2014. Vol. 33 (1). P. 83–96.

20. Berti M., Samarappuli D., Johnson B.L., Gesch R.W. Integrating winter camelina into maize and soybean cropping systems. *Industrial Crops and Products*. 2017. Vol. 107 (15). P. 595–601. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.06.014.

21. Гродзіньський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. Київ: Наукова думка, 1973. 205 с.

22. Williamson B.G., Richardson D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. *Journal of Chemical Ecology*. 1988. Vol. 14 (1). P. 181–187. DOI: 10.1007/bf01022540.

REFERENCES

1. Farooq, M., Bajwa, A.A., Cheema, S.A., Cheema, Z.A. (2013). Application of allelopathy in crop production. *International Journal of Agriculture and Biology*. Vol. 15 (6), pp. 1367–1378.

2. Hrachov, V.P., Dziuba, O.I., Ellanska, N.E., Zaimenko, N.V., Pavliuchenko, N.A., Kharytonova, I.P. (2014). Suchasni svitovi dosiahnennia v doslidzhenniakh z alelopatii [Modern world achievements in allelopathy research]. *Ecology and noospherology*. Vol. 25, no. 1–2, pp. 121–135. DOI: 10.15421/031412.

3. Hanhur, V.V. (2021). Sivozminy z korotkoiiu rotatsiieiu v svitli alelopatychnykh vzaiemovidnosyn mizh kulturamy: materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Khimiia, biotekhnolohiia, ekolohiia ta osvita» [Grain changes with short rotation in the light of allelopathic interactions between cultures: materials of the International Scientific and Practical Internet Conference «Chemistry, Biotechnology, Ecology and Education»]. *Poltava*. pp. 150–154.

4. Yevtushenko, Ye.A., Doktor, N.M., Novytska, N.V. (2025). Alelopatychna aktyvnist nasinnia oliinykh kultur: materialy XIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv «Selektsiia, henetyka, sortovyprobuvannia ta ahrotekhnolohii kulturnykh roslyn: vyklyky ta perspektyvy» [Allelopathic activity of oilseeds: materials of the XIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists «Selection, Genetics, Variety Testing and Agrotechnology of Cultivated Plants: Challenges and Prospects»]. *Tsentralne*, pp. 43–44.

5. Tsykalo, T.O., Trzhetsynskyi, S.D., Hryshyna, O.V., Riabchun, V.K. (2018). Doslidzhennia elementnoho skladu ryzhiiu posivnoho (*Camelina sativa* (L.) Crantz) ta ryzhiiu dribnoplodoho (*Camelina microcarpa* Andr.) [The study of the elemental composition of *Camelina sativa* (L.) Crantz and *Camelina microcarpa* Andr.]. Aktualni pytannia farmatsevtychnoi i medychnoi nauky ta praktyky [Current issues of pharmaceutical and medical science and practice]. Vol. 11, no. 3 (28), pp. 318–321.

6. Faten, M.I., El Habbasha, S.F. (2015). Chemical composition, medicinal impacts and cultivation of camelina (*Camelina sativa*). *International Journal of PharmTech Research*. Vol. 8, no. 10, pp. 114–122.

7. Ocheretna, A.V., Frolova, N.E. (2020). Doslidzhennia yakisnoho skladu olii ryzhiiu ta perspektyv yii vykorystannia v diietychnomu kharchuvanni [Research on the qualitative composition of red oil and the prospects for its use in dietary nutrition]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu im. V.I. Vernadskoho* [Scientific notes of V.I. Vernadsky Taurida National University]. Vol. 31 (70), no. 6, pp. 76–81. DOI: 10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/14.

8. Neupane, D., Lohaus, R.H., Solomon, J.K.Q., Cushman, J.C. (2022). Realizing the potential of *Camelina sativa* as a bioenergy crop for a changing global climate. *Plants*. Vol. 11 (6), 772. DOI: 10.3390/plants11060772.
9. Arshad, M., Mohanty, A.K., Acker, R.V., Riddle, R., Todd, J., Khalil, H., Misra, M. (2022). Valorization of camelina oil to biobased materials and biofuels for new industrial uses. *RSC Advances*. no. 12, pp. 27230–27245.
10. Kalenska, S.M., Yunyk, A.V. (2011). Rol oliinykh kultur u vyryshenni enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [The role of oilseeds in solving Ukraine's energy security]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsu-krovnykh buriakiv* [Collection of scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. no. 2, pp. 90–96.
11. Zanetti, F., Peroni, P., Pagani, E., Cossel, M., Greiner, B. E., Krzyżaniak, M., Stolarski, M. J., Lewandowski, I., Alexopoulou, E., Stefanoni, W., Pari, L., Facciola, E., Monti, A. (2024). The opportunities and potential of camelina in marginal land in Europe. *Industrial Crops and Products*. Vol. 211, 118224. Available at: www.elsevier.com/locate/indcrop.
12. Rehman, S., Shahzad, B., Bajwa, A. A., Husain, S., Rehman, A., Cheema, S. A., Abbas, T., Ali, A., Shah, L., Adkins, S., Li, P. (2019). Utilizing the allelopathic potential of brassica species for sustainable crop production. *Journal of Plant Growth Regulation*. Vol. 38, pp. 343–356. DOI: 10.1007/s00344-018-9798-7.
13. Scepanovic, M., Saric-Krsmanovic, M., Sostarcic, V., Brijack, E., Lakic, J., Spirovic-Trifunovic, B., Gajic Umiljendic, J., Radivojevic, L. (2021). Inhibitory effects of brassicaceae cover crop on *ambrosia artemisiifolia* germination and early growth. *Plants*. Vol. 10 (4), 794 p. DOI: 10.3390/plants10040794.
14. Czerniawski, P., Piasecka, A., Bednarek, P. (2021). Evolutionary changes in the glucosinolate biosynthetic capacity in species representing *Capsella*, *Camelina* and *Neslia* genera. *Phytochemistry*. Vol. 181, 112571. DOI: 10.1016/j.phytochem.2020.112571.
15. Arora, C., Kaushik, R. (2003). Fungicidal activity of plants extracts from uttaranchal hills against soybean fungal pathogens. *Allelopathy Journal*. Vol. 11 (2), pp. 217–228.
16. Acharya, J., Moorman, T.B., Kaspar, T.C., Lenssen, A.W., Robertson, A.E. (2020). Cover crop rotation effects on growth and development, seedling disease, and yield of corn and soybean. *Plant Disease*. Vol. 104 (3), pp. 677–687.
17. Acharya, K., Yan, G., Berti, M. (2019). Can winter camelina, crambe, and brown mustard reduce soybean cyst nematode populations. *Industrial Crops and Products*. Vol. 140 (3), 111637. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09266669019306478>.
18. Saucke, H., Ackermann, K. (2006). Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). *Weed Research*. Vol. 46 (6), pp. 453–461. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2006.00530.x.
19. Walsh, K.D., Sanderson, D., Hall, L.M., Mugo, S., Hills, M.J. (2014). Allelopathic effects of camelina (*Camelina sativa*) and canola (*Brassica napus*) on wild oat, flax and radish. *Allelopathy Journal*. Vol. 33 (1), pp. 83–96.
20. Berti, M., Samarappuli, D., Johnson, B.L., Gesch, R.W. (2017). Integrating winter camelina into maize and soybean cropping systems. *Industrial Crops and Products*. Vol. 107 (15), pp. 595–601. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.06.014.
21. Hrodzinskiy, A.M. (1973). *Osnovy khimichnoi vzaïmodii roslin* [Basics of chemical interaction of plants]. Kyiv, Scientific opinion, 205 p.
22. Williamson, B.G., Richardson, D. (1988). Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 14 (1), pp. 181–187. DOI: 10.1007/bf01022540.

Allelopathic effect of of camelina sativa plant residues on soybean and sunflower seeds germination

Liubchenko A., Liubchenko I., Riabovol Ia., Riabovol L., Serzhuk O.

Plants influence each other due to their release of physiologically active substances into the environment. Allelopathic influence can be positive or negative, which must be taken into account when planning crop rotations, selecting green manure and ground cover crops, and arranging compatible crops. This issue is relevant camelina sativa – a promising oilseed crop. The aim of our research was to study the allelopathic effect of camelina sativa plant residues on the germination rates of sunflower and soybean seeds. As a result of the conducted research, the dependence of laboratory seed germination, root system development, height and mass of seedlings of the studied crops on the concentration of plant residue extract was revealed.

Soybean seeds germination on extracts of camelina plant residues had an inhibitory effect. At a concentration of 1:100 the allelopathic activity index (RI) was -0.05, the inhibitory effect was observed for all growth indicators except for the root system development. At a concentration of the extract of 1:50 the RI index was -0.09, and at a concentration of 1:10 it was -0.13.

An extract with a concentration of 1:100 had a low stimulating effect on sunflower seeds germination (RI = 0.04), at the indicated concentration the inhibitory effect was detected only on the seedling height. At a concentration of 1:50 the allelopathic index was -0.12, the highest inhibitory effect was

recorded on the laboratory germination of seeds (RI = -0.26). The generalized index of allelopathic activity of the extract at a concentration of 1:10 was -0.31 ranging from -0.26 for seedling mass index to -0.41 for root system development.

Thus, the analysis of allelopathic effect of camelina sativa plant residues on soybean and sunflower seeds germination was carried out. It was identified

that crop residues extract at a concentration of 1:100 has a positive effect on sunflower seedlings development, and increased concentrations inhibit growth processes. All tested concentrations of camelina biomass extraction have a negative effect on soybean seeds germination.

Key words: camelina sativa, soybean, sunflower, allelopathy, seed germination, seedlings.



Copyright: Любченко А.І. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Любченко А.І.

<https://orcid.org/0009-0003-1845-1280>

Любченко І.О.

<https://orcid.org/0009-0009-6474-0589>

Рябовол Я.С.

<https://orcid.org/0000-0003-4325-5313>

Рябовол Л.О.

<https://orcid.org/0000-0001-8988-4874>

Сержук О.П.

<https://orcid.org/0000-0001-5710-3906>

АГРОНОМІЯ

УДК 635.21:631.82:631.526.32

Вплив сучасних препаратів фунгіцидної дії на ураженість хворобами картоплі

Лященко С.А.¹ , Рожнятовський А.О.¹ ,
Матусевич Г.Д.² , Захарчук Н.А.¹ 

¹ Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України² Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України E-mail:

Лященко С.А., Рожнятовський А.О.,
Матусевич Г.Д., Захарчук Н.А. Вплив
сучасних препаратів фунгіцидної дії
на ураженість хворобами картоплі.
«Агробіологія», 2025. № 2. С. 141–151.

Liashchenko S., Rozhniatovskyi A., Ma-
tushevych G., Zakharchuk N. Influence of
modern fungicidal preparations on potato
disease incidence. «Agrobiology», 2025.
no. 2, pp. 141–151.

Рукопис отримано: 29.08.2025 р.

Прийнято: 15.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-141-151

Дослідженнями з вивчення технічної й господарської ефективності препаратів Нордокс 75WG та Верно FG з додатковими препаратами: Банджо Форте, Курзат Р і Зорвек Інкантія® встановлено, рослини уражені фітофторозом від 1,9 до 10,8 %. Ураження альтернаріозом виявлено на всіх варіантах від 1,8 до 34,5 %. Наприкінці другої декади липня розвиток альтернаріозу продовжував прогресувати та поширюватись, ураження становило від 1,9 до 34,5 %. Поширення хвороби встановлено в межах 68,7–81,3 %. У середньому технічна ефективність від альтернаріозу препарату Нордокс 75WG (1,0 кг/га) становила – 72,5 %, Нордокс 75WG + системні препарати, які використовує Інститут – 94,4 %; ефективність препарату Верно FG (0,25 кг/га), – 44,8 %, Верно FG (0,5 кг/га) – 41,3 %, із системними препаратами Інституту відповідно 56,6 та 55,7 %. За результатами бульбового аналізу встановлено, що ураженість хворобами становила: ризиктоніозом – від 0,5 до 2,4 %, паршею звичайною – від 1,6 до 24,3 %, сухою гниллю – від 5,9 до 26,7 %. За застосування препаратів Нордокс 75WG та Нордокс 75WG + системні фунгіциди Інституту отримано найкращі результати із захисту бульб від хвороб, зокрема ураженість паршею звичайною становить 0,5 та 0,3 %, ризиктоніозом – 0,5 %, сухою гниллю – 6,9 та 5,9 %, загальний відсоток здорових бульб – 90,7 та 94,1 %. Загальна ефективність дії препаратів становила Нордокс 75WG: ризиктоніоз – 71,4 %, парша звичайна – 89,6 %, суха гниль – 65,3 %; Нордокс 75WG + системні фунгіциди Інституту відповідно 76,8; 94,2 та 74,7 %; Верно FG, 0,25 кг/га – 53,6; 46,0 та 65,3 %; Верно FG, 0,25 кг/га + системні фунгіциди Інституту – 36,3; 67,5 та 64,5 %; Верно FG, 0,5 кг/га – 62,5; 50,3 та 58,5 %; Верно FG, 0,5 кг/га + системні фунгіциди Інституту – 66,1; 68,7 та 65,3 %.

Ключові слова: картопля, ураження, захист, фунгіциди, технічна ефективність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Україна має великі можливості в аграрному секторі, і розвиток сільського господарства потребує новітніх технологій та рішень, особливо у сфері захисту рослин. Картопля, як одна з основних культур, є важ-

ливою складовою українського землеробства, проте її вирощування стикається з численними викликами через поширення фітопатогенних інфекцій.

Накопичення інфекцій, таких як гриби (фітофтороз, альтернаріоз, рак картоплі),

бактеріальні (чорна ніжка, мокра гниль) та вірусні хвороби (зморшкувата мозаїка, скручування листків), становить серйозну загрозу для врожайності. Втрата потенційної продуктивності через ці хвороби може сягати 35–40 %, а в несприятливі роки – навіть більше. У цих умовах важливо забезпечити надійний захист посівів за допомогою сучасних агрохімікатів та пестицидів.

Інноваційні рішення в цій галузі включають використання біопестицидів, які є екологічною альтернативою хімічним засобам, а також розробку нових препаратів, що поєднують ефективність із мінімальним впливом на навколишнє середовище. Україна, як аграрна держава, має не лише бути в тренді світових тенденцій, а також активно впроваджувати ці інновації для підвищення ефективності свого сільського господарства та збереження родючості ґрунтів.

Картопля – культура, що розмножується вегетативно досить сильно потерпає як від бактеріальних, так і грибних хвороб. Фунгіцидні методи захисту рослин є важливою складовою інтегрованих систем захисту сільськогосподарських культур від хвороб. Інфекції, що зумовлюють гриби, можуть завдавати значних збитків врожаю, особливо в агроценозі картоплі. Фітофтороз та альтернаріоз є основними хворобами вегетативної частини, що потім потрапляють на бульби та можуть спричинити значні втрати врожаю в сприятливих погодних умовах [1–3]. Також картопля потерпає від таких хвороб як ризоктоніоз, парша звичайна, мокра та суха гнилі [4, 5].

Фунгіциди, що використовують для захисту рослин під час вегетації, можна розділити на дві категорії. Захисні (профілактичні) – використовують для запобігання розвитку хвороб, створюючи бар'єр, який захищає рослини від зараження. Лікувальні (терапевтичні, викорінюючі) – використовують для захисту від уже наявних інфекцій, вони здатні знищувати патогени та лікувати рослини. Важливо зазначити, що ефективний захист сільськогосподарських культур включає не лише застосування хімічних засобів, а також інші методи, такі як агротехнічні заходи, біологічний контроль і селекція стійких сортів. Інтегрований підхід дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище і забезпечити стабільні врожаї [6].

Ефективність фунгіцидів залежить від низки чинників, включаючи тип хвороби, погодні умови та стадію розвитку рослини. Розглянемо деякі з найбільш ефективних хімічних груп фунгіцидів. Азоли – це фунгіциди,

які порушують біосинтез стеролів у мембранах клітин грибів, що призводить до їх загибелі. Стробілурини – блокують транспорт електронів у мітохондріях клітин грибів, що також призводить до їх загибелі. Карбамати – мають широкий спектр дії та використовують для захисту багатьох видів культур від різних патогенів. Триазоли – препарати цієї групи ефективні від багатьох видів грибів і часто використовують в сільському господарстві, наприклад, Топаз і Скор. Мідьмісні препарати – такі фунгіциди як мідний купорос, Курзат М використовують для захисту від різних грибних захворювань рослин. Вони мають контактну дію і створюють захисний бар'єр на поверхні рослин. Сірковмісні препарати – застосовують для захисту від борошнистої роси та інших захворювань. Сірка має фунгіцидну та акарицидну дію [7, 8].

Біологічні фунгіциди – містять живі організми або їхні метаболіти, які ефективні від патогенних грибів. Ці препарати вважаються більш екологічно чистими і безпечними для навколишнього середовища. Існує кілька екологічних альтернатив фунгіцидів, які можуть бути ефективними для захисту рослин від грибних захворювань. Біологічний контроль – використання корисних мікроорганізмів, таких як бактерії та гриби, які природно пригнічують розвиток шкідливих грибів. Наприклад, бактерія *Bacillus subtilis* може колонізувати коріння рослин, створюючи захисний бар'єр від патогенних грибів. Деякі рослини містять природні антигрибні речовини, наприклад, масло німу (*Azadirachta indica*), що захищають культури від різноманітних грибних хвороб [9, 10].

Вибір фунгіциду залежить від конкретної ситуації та типу хвороби. Важливо також дотримуватися інструкцій щодо застосування, щоб забезпечити максимальну ефективність і мінімізувати ризик розвитку резистентності у патогенів. Часте використання одного і того ж фунгіциду може призвести до розвитку резистентності у патогенів, що знижує ефективність препарату [11, 12].

Метою досліджень є вивчення ефективності впливу фунгіциду Нордокс 75WG (1,0 кг/га) та мінерального добрива для корекції дефіциту цинку і міді Верно FG (0,25; 0,5 кг/га) на ріст, розвиток, урожайність та ураження основними хворобами (фітофтороз, альтернаріоз, ризоктоніоз, звичайна парша, мокра та суха гнилі) картоплі сорту Марфуша.

Матеріал і методика досліджень. Для проведення досліджень використано середньостиглий сорт Марфуша селекції Інституту картоплярства.

Дослідження з вивчення технічної та господарської ефективності препаратів Нордокс 75WG та Верно FG було проведено відповідно до схеми у нормах і у строки, які передбачені умовами робочої програми.

На варіантах 5, 6, 7, 8 застосовували наступні системні фунгіциди: 1-й обробіток Банджо Форте (1,0 л/га); 2-й – Курзат Р (2,5 кг/га); 3-й – Зорвек Інкантія®.

Розвиток та поширення хвороб на дослідних ділянках оцінювали на природному фоні, в польових умовах.

Облік ступеня ураження рослин альтернативним здійснювали за 9-бальною шкалою: 0 – рослини без симптомів ураження; 1 – незначне ураження, окремі плями, менше ніж 2,5 % поверхні листків; 2 – окремі плями, не більше ніж на 5 % площі листків; 3 – уражено 10 % площі листків; 4 – середнє ураження, симптоми на 15 % поверхні листків; 5 – середнє ураження, майже кожен листок уражений, до 25 % поверхні листків засохло; 6 – дуже значне ураження, до 50 % листків загинуло, початок ураження стебел; 7 – до 75 % площі листків загинуло, прогресує ураження стебел; 8 – на ділянці всі рослини загинули [13, 14].

На підставі результатів обліку ураження картоплиння вираховували поширення та розвиток хвороби (у відсотках) за формулою:

$$R = \frac{n \times 100}{N}$$

де: R – поширення хвороби (%);

n – кількість хворих рослин на ділянці;

N – загальна кількість облікових рослин (хворих і здорових).

Розвиток хвороби характеризує відношення ураженої листової поверхні до всієї площі листя на ділянці за формулою:

$$B = \frac{(n \times v) \times 100}{N \times K}$$

де: B – розвиток хвороби (%);

(n x v) – показник суми множників кількості хворих рослин (n) на відповідний їм бал ураження (v);

N – загальна кількість облікових рослин;

K – найвищий бал шкали обліку.

Облік технічної ефективності заходів захисту від хвороб проводили за формулою:

$$B = (P_k - P_o) \times 100 / P_k$$

де: B – технічна ефективність, %;

P_k – показник розвитку хвороби на контролі;

P_o – показники розвитку хвороби на дослідній ділянці.

Під час збирання урожаю відбирали зразки для визначення ураженості бульб. Облік прояву хвороби проводили через 2 тижні та через місяць після викопування, за загальноприйнятою шкалою.

Польовий дослід закладено за дотримання положень «Методики дослідної справи» [15]. Площа варіанта – 22,5 м². Облікова площа – 19,0 м². Повторність – триразова. Розміщення варіантів рендомізоване. Схема садіння картоплі – 75x25 см за густоти рослин – 55,7 тис. шт./га.

Схема проведення випробувань препаратів Нордокс 75WG та Верно FG на картоплі (2023–2024 рр.)

Варіант	Препарат	Фаза розвитку культури на момент проведення обробок досліджуваними препаратами
1	контроль 1	технологія господарства без фунгіцидів впродовж вегетації
2	контроль 1 + Нордокс 75 WG, 1,0 кг/га	1. BBCH 14-19 (формування листків та стебел) 2. BBCH 23-29 (утворення бічних пагонів)
3	контроль 1 + Верно FG, 0,25 кг/га	1. BBCH 14-19 (формування листків та стебел) 2. BBCH 23-29 (утворення бічних пагонів)
4	контроль 1 + Верно FG, 0,5 кг/га	1. BBCH 14-19 (формування листків та стебел) 2. BBCH 23-29 (утворення бічних пагонів)
5	контроль 2	технологія господарства з системними фунгіцидами впродовж вегетації
6	контроль 2 + Нордокс 75 WG, 1,0 кг/га	1. BBCH 14-19 (формування листків та стебел) 2. BBCH 23-29 (утворення бічних пагонів)
7	контроль 2 + Верно FG, 0,25 кг/га	1. BBCH 14-19 (формування листків та стебел) 2. BBCH 23-29 (утворення бічних пагонів)
8	контроль 2 + Верно FG, 0,5 кг/га	1. BBCH 14-19 (формування листків та стебел) 2. BBCH 23-29 (утворення бічних пагонів)

Результати дослідження та обговорення. Альтернатіоз картоплі (*Alternaria solani* та *Alternaria alternata*) став серйозною проблемою в умовах потепління. Високі температури та посухи, які дедалі частіше спостерігаються в Україні, зумовлюють розвиток цієї хвороби, особливо в регіонах з недостатнім зволоженням. Звичайно, у порівнянні з фітофторозом (*Phytophthora infestans*), який традиційно вважався основною загрозою для плодів, альтернатіоз досліджений значно менше. Основну увагу завжди приділяли захисту від фітофторозу через його високу агресивність та втрати врожаю. Проте, з огляду на зміну кліматичних умов, актуальність вивчення альтернатіозу та ефективних методів його контролю набуває першочергового значення [16, 17]. За проведення досліджень встановлено, що за вегетаційний період розвиток та поширення хвороб відбувались нерівномірно. Основною хворобою був альтернатіоз (збудники ранньої сухої плямистості – *Alternaria solani*, пізньої сухої плямистості – *Alternaria alternata*), оскільки погодні умови року сприяли його розвитку та поширенню, водночас вони були несприятливими для таких хвороб як ризоктоніоз (бульби садили у зволожений добре прогрітий ґрунт, що є одним із головних чинників для зменшення ураження) та фітофтороз [18].

Після проведення згідно зі схемою двох обробіток препаратами Нордокс 75 WG, 1,0 кг/га та Верно FG, 0,25 і 0,5 кг/га за візуального огляду не виявлено рослин з ураженням фітофторозом та альтернатіозом, проте були наявні рослини уражені ризоктоніозом на двох (1 та 5) контрольних варіантах відповідно 35,7 та 24,9 %.

Наступний огляд дослідних ділянок проведено через 10 діб та виявлено рослини уражені фітофторозом на першому контрольному варіанті 1,9 % – перше повторення, 10,8 % – друге повторення та 2,2 % – третє повторення, однак завдяки високим температурам подальший розвиток хвороби зупинився. На п'ятому контрольному варіанті встановлено початок ураження фітофторозом, проте завдяки обробітці Банджо форте та Курзат Р і високим температурам листя вислохло та хвороба залишилась на початковій стадії.

Ураження альтернатіозом встановлено на всіх варіантах – від 1,8 до 34,5 %, відповідно шостий та перший варіанти. Наприкінці другої декади липня за відсутності опадів та наявності надвисоких температур (32–36 °C) розвиток альтернатіозу продовжував прогресувати та поширюватись, проте застосування

препаратів відчутно вплинуло на його розвиток. Зокрема, найменше ураження встановлено на шостому та другому варіантах, відповідно 1,9 та 9,7 %, найвище на контрольних – 34,5 та 28,9 %, на інших варіантах ураження становило 14,9–20,2 %.

Наприкінці третьої декади липня було проведено останній огляд рослин у полі, оскільки через надмірну спеку та відсутність опадів почало відмирати картоплиння. За цього огляду встановлено, що розвиток хвороби майже зупинився, проте поширення стало досить значним. На першому варіанті рослини були уражені стовідсотково, на п'ятому – 95,4 %, найкращі результати отримано на другому та шостому варіантах, відповідно 67,6 та 57,1 %. Поширення хвороби на інших варіантах становило 68,7–81,3 % (табл. 1).

Кількісним показником ефективності дії фунгіцидів на перебіг патологічного процесу у рослин є їх технічна ефективність, яка показує на скільки відсотків пестицид знижує поширення або розвиток хвороби порівняно з контролем [19]. У контексті нашого дослідження доведено ефективність препаратів Нордокс 75WG та Верно FG, вони значною мірою здатні призупинити або мінімізувати розвиток такої хвороби, як альтернатіоз, дають досить результативні показники зниження інфекційного навантаження, покращення стану рослин і, зрештою, вплив на урожайність. Проте препарат Нордокс 75WG проявив себе краще та забезпечив більш ефективний захист.

У середньому технічна ефективність від альтернатіозу препарату Нордокс 75WG (1,0 кг/га) становила – 72,5 %, Нордокс 75WG + системні препарати, які використовує Інститут – 94,4 %; ефективність препарату Верно FG (0,25 кг/га), – 44,8 %, Верно FG (0,5 кг/га) – 41,3 %, із системними препаратами Інституту відповідно 56,6 та 55,7 %. (табл. 2).

Наприкінці вегетації провели бульбовий аналіз середніх зразків, відібраних в кожному варіанті дослідження. Облік ураження бульб проведено згідно з чинним ДСТУ 4014–2001 (с. 5) з відбором середнього зразка в розмірі 250 бульб. За результатами бульбового аналізу встановлено, що найбільшу кількість уражених бульб виявлено на контролях 1 та 5 відповідно: ризоктоніозом (3,2 та 2,4 %), паршею звичайною (24,3 та 9,9 %), сухою гниллю (26,7 та 15,2 %), дуплистістю (2,9 та 1,6 %), залізистістю (4,3 та 1,3 %). Найменшу ураженість встановлено на варіантах 2 та 6, частка бульб уражених ризоктоніозом відповідно становила 1,1 та 0,5 %, паршею звичайною – 2,9 та 1,6 %, сухою гниллю – 9,3 та 5,9 %,

дуплистості та залізистості – не виявлено. Ураження бульб картоплі в інших варіантах було у межах: ризоктоніоз – 1,1–2,4 %, парша звичайна – 5,1–10,7 %, суха гниль – 13,3–9,4 %, дуплистість – 0,3 і 1,7 %, залізистість – 1,7 і 0,3 % відповідно (табл. 3).

Через місяць після збирання проведено повторний бульбовий аналіз. За огляду бульб ураження мокрою гниллю не встановлено на жодному варіанті, також не виявлено дуплистості та залізистої плямистості.

Найгіршими за проявом хвороб на бульбах виявились контрольні 1 та 5 варіанти, їх ураженість становила: ризоктоніозом – 1,9 та 1,6 %, паршею звичайною – 8,3 та 7,7 %, сухою гниллю – 20,0 та 14,4 %, загальний від-

соток здорових бульб на цих варіантах – 96,3 та 76,3.

За застосування препаратів Нордокс 75WG та Нордокс 75WG + системні фунгіциди Інституту (2 та 6 варіанти) отримано найкращі результати із захисту бульб від хвороб, зокрема ураженість паршею звичайною становила 0,5 та 0,3 %, ризоктоніозом – 0,5 %, сухою гниллю – 6,9 та 5,9 %, загальний відсоток здорових бульб – 90,7 та 94,1, що свідчить про гарні лікувальні властивості препарату (табл. 4).

Щодо інших варіантів ураження становило: ризоктоніозом – від 0,8 до 1,3 %, паршею звичайною – від 5,1 до 6,9 %, сухою гниллю – від 8,3 до 9,6 %.

Таблиця 1 – Вплив елементів захисту на ураженість рослин картоплі сорту Марфуша альтернаріозом, середнє за 2023–2024 рр. (в динаміці)

Варіант	Розвиток хвороби, %			Поширення хвороби, %		
	I облік	II облік	III облік	I облік	II облік	III облік
1	34,5	34,8	35,1	10,1	41,3	100
2	9,1	9,7	9,9	7,4	28,1	67,6
3	18,6	19,1	19,9	8,9	33,6	81,3
4	19,8	20,2	21,3	8,8	33,1	79,8
5	18,9	19,3	22,4	10,5	39,4	95,4
6	1,8	1,9	2,1	6,3	23,6	57,1
7	14,6	14,9	15,8	7,7	28,8	69,8
8	14,8	15,4	16,1	7,6	28,4	68,7

Таблиця 2 – Ефективність елементів захисту картоплі сорту Марфуша від грибних хвороб (альтернаріозу), середнє за 2023–2024 рр.

Варіант досліджу	Технічна ефективність дії, %, станом на:			Середнє
	I облік	II облік	III облік	
1	–	–	–	–
2	73,6	72,1	71,8	72,5
3	46,1	45,1	43,3	44,8
4	42,6	42,0	39,3	41,3
5	45,2	44,5	36,2	42,0
6	94,8	94,5	94,0	94,4
7	57,7	57,2	55,0	56,6
8	57,1	55,7	54,1	55,7

Таблиця 3 – Результати бульбового аналізу матеріалу картоплі сорту Марфуша, 2023–2024 рр.

Варіант	Ураження бульб картоплі хворобами (шт./%)					Частка здорових бульб, шт./%
	Ризоктоніозом (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Паршею звичайною (<i>Streptomyces scabies</i>)	Сухою гниллю (<i>Fusarium</i>)	Дуплистістю	Залізистістю	
1	3/2,4	21/16,8	31/24,8	3/2,4	5/4,0	62/24,8
	5/4,0	25/20,0	35/28,0	6/4,8	7/5,6	47/37,6
	4/3,2	27/21,6	34/27,2	2/1,6	4/3,2	54/43,2
Середнє	3,2	24,3	26,7	2,9	4,3	38,6
2	2/1,6	4/3,2	12/9,6	0	0	107/85,6
	1/0,8	2/1,6	11/8,8	0	0	111/88,8
	1/0,8	5/4,0	12/9,6	0	0	107/85,6
Середнє	1,1	2,9	9,3			86,7
3	3/2,4	14/11,2	15/12,0	1/0,8	1/0,8	91/72,8
	2/1,6	14/11,2	15/12,0	0	0	94/75,2
	4/3,2	12/9,6	17/13,6	2/1,6	0	90/72,0
Середнє	2,4	10,7	12,5	1,2	0,3	73,3
4	2/1,6	13/10,4	13/10,4	1/0,8	0	96/76,8
	1/0,8	11/8,8	15/12,0	0	1/0,8	97/77,6
	2/1,6	11/8,8	12/9,6	0	0	100/80,0
Середнє	1,3	9,3	10,6	0,3	0,3	78,1
5	3/2,4	13/10,4	19/15,2	2/1,6	1/0,8	87/69,6
	4/3,2	12/9,6	20/16,0	1/0,8	1/0,8	87/69,6
	2/1,6	12/9,6	18/14,4	3/2,4	3/2,4	87/69,6
Середнє	2,4	9,9	15,2	1,6	1,3	69,6
6	1/0,8	1/0,8	8/6,4	0	0	115/92,0
	-	3/2,4	9/7,2	0	0	113/90,4
	1/0,8	2/1,6	5/4,0	0	0	117/93,6
Середнє	0,5	1,6	5,9			92,0
7	2/1,6	7/5,6	10/8,0	1/0,8	0	105/84,0
	4/3,2	6/4,8	9/7,2	0	1/0,8	107/85,6
	2/1,6	7/5,6	12/9,6	0	0	104/83,2
Середнє	2,1	5,3	8,3	0,3	0,3	84,3
8	1/0,8	6/4,8	9/7,2	0	0	109/87,2
	0	7/5,6	7/5,6	1/0,8	2/1,6	108/86,4
	3/2,4	6/4,8	10/8,0	0	0	106/84,8
Середнє	1,1	5,1	6,9	0,3	0,5	86,1

Таблиця 4 – Результати повторного бульбового аналізу матеріалу картоплі сорту Марфуша, 2023–2024 р. (шт./%)

Варіант	Кількість бульб	Ураження хворобами, шт./%			Частка здорових бульб, шт./%
		Ризоктоніозом (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Паршею звичайною (<i>Streptomyces scabies</i>)	Сухою гниллю (<i>Fusarium</i>)	
1	125	2/1,6	10/8,0	29/23,2	84/67,2
	125	4/3,2	10/8,0	22/17,6	89/71,2
	125	3/2,4	11/8,8	24/19,2	87/69,6
	середнє	2,4	8,3	20,0	69,3
2	125	1/0,8	1/0,8	10/7,2	113/90,4
	125	0	0	9/5,6	116/92,8
	125	1/0,8	1/0,8	11/8,0	111/88,8
	середнє	0,5	0,5	6,9	90,7
3	125	1/0,8	9/7,2	13/10,4	102/81,6
	125	3/2,4	9/7,2	9/9,6	104/83,2
	125	1/0,8	8/6,4	11/8,8	105/84,0
	середнє	1,3	6,9	9,6	82,9
4	125	2/1,6	8/6,4	11/8,8	104/83,2
	125	0	9/7,2	10/8,0	106/84,8
	125	1/0,8	9/7,2	12/9,6	103/82,4
	середнє	0,8	6,9	8,8	83,5
5	125	2/1,6	10/8,0	17/13,6	96/76,8
	125	2/1,6	10/8,0	16/12,8	97/77,6
	125	2/1,6	9/7,2	21/16,8	93/74,4
	середнє	1,6	7,7	14,4	76,3
6	125	1/0,8	1/0,8	7/6,4	116/92,8
	125	0	0	4/7,2	121/96,8
	125	1/0,8	0	8/4,0	116/92,8
	середнє	0,5	0,3	5,9	94,1
7	125	1/0,8	7/5,6	11/8,8	106/84,8
	125	3/2,4	6/4,8	9/7,2	107/85,6
	125	1/0,8	7/5,6	11/9,6	106/84,8
	середнє	1,3	5,3	8,3	85,1
8	125	0	6/4,8	12/9,6	107/85,6
	125	2/1,6	7/5,6	12/9,6	104/83,2
	125	1/0,8	6/4,8	11/8,8	107/85,6
	середнє	0,8	5,1	9,3	84,8

Загальна (1-й огляд + 2-й огляд) ефективність дії препаратів становила Нордокс 75WG: ризоктоніоз – 71,4 %, парша звичайна – 89,6 %, суха гниль – 65,3 %; Нордокс 75WG + системні фунгіциди Інституту – відповідно 76,8; 94,2 та 74,7 %; Верно FG, 0,25 кг/га – 53,6; 46,0 та 65,3 %; Верно FG, 0,25 кг/га + системні фунгіциди Інституту – 36,3; 67,5 та 64,5 %; Верно FG, 0,5 кг/га – 62,5; 50,3 та 58,5 %; Верно FG, 0,5 кг/га + системні фунгіциди Інституту – 66,1; 68,7 та 65,3 % (табл. 5).

Таблиця 5 – Ефективність елементів захисту картоплі сорту Марфуша від грибних хвороб бульб, середнє за 2023–2024 рр.

Варіанти дослідів	Технічна ефективність дії від: (%)		
	ризоктоніозу	парші звичайної	сухої гнилі
1	0	0	0
2	71,4	89,6	65,3
3	53,6	46,0	65,3
4	62,5	50,3	58,5
5	28,6	46,0	36,6
6	76,8	94,2	74,7
7	39,3	67,5	64,5
8	66,1	68,7	65,3

Отримані дані свідчать про високу ефективність застосування препаратів для захисту від грибних хвороб. Не зважаючи на специфічний за погодними умовами та не надто сприятливий для вирощування картоплі рік (2023–2024 рр.), доведено, що обробіток рослин в період вегетації препаратами Нордокс 75WG та Верно FG сприяє розвитку рослин та формуванню врожаю.

Висновки. У 2023–2024 роках липень та серпень характеризувалися майже повною відсутністю опадів та надвисокими температурами (32–36 °C) і були надто несприятливими для розвитку фітофторозу (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), саме тому нам не вдалося встановити ефект від досліджуваних препаратів для контролю цього захворювання. Встановлено високу ефективність випробовуваних препаратів до альтернаріозу (збудники ранньої сухої плямистості – *Alternaria solani*, пізньої сухої плямистості – *Alternaria alternata*). В середньому технічна ефективність від альтернаріозу препарату Нордокс 75WG (1,0 кг/га) становила – 72,5 %, Нордокс 75WG + системні препарати, які використовує Інститут – 94,4 %; ефективність препарату Верно FG (0,25 кг/га), – 44,8 %, Верно FG (0,5 кг/га) – 41,3 %, із системними препаратами Інституту відповідно 56,6 та 55,7 %.

За результатами бульбового аналізу встановлено зниження ураження хворобами: ризоктоніозом – 28,6–76,8 %, паршею звичайною – 46,0–94,2 та сухою гниллю – 36,6–74,7 %, що свідчить про високу ефективність дії препаратів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мартиненко В.І. Вплив сучасних комбінованих фунгіцидів на розвиток фітофторозу картоплі. Вісник Харківського національного аграрного університету. Фітопатологія та ентомологія. 2019. № 1–2. С. 88–92. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/19542/1/Vkhnu_ento_2019_1-2_12.pdf.
2. Обґрунтування прогнозу появи альтернаріозу картоплі в умовах глобалізації / І.А. Журавська та ін. The 7th International scientific and practical conference “Actual trends of modern scientific research”. Munich, Germany, MDPС Publishing, 2021. 31 р.
3. Прогнозування рівня сезонного розвитку альтернаріозу картоплі в Поліссі України / В.М. Положенець та ін. Вісник Житомирського агротехнічного коледжу: зб. наук. статей. 2020. Вип. 2(1). С. 10–17. URL: <http://46.219.2.151/bitstream/123456789/170/1.pdf>.
4. Андрійчук Т.О., Скорейко А.М. Елементи захисту картоплі від фомозної гнилі. Картоплярство. 2019. Вип. 44. С. 111–118.
5. Вишневецька О.В., Рязанцев М.В., Захарчук Н.А. Урожайність насінневої картоплі та зараженість бульб ризоктоніозом залежно від застосування різних способів обробки. Сільське господарство та рослинництво: теорія та практика. 2023. 3. С. 87–97. DOI: 10.54651/agri.2023.03.10.
6. Дубовик В.І., Левчановський О.Ю., Одінцова К.М. Захист картоплі від хвороб. Міжнародна науково-практична конференція «Гончарівські читання», присвяченої 91-річчю з дня народження д-ра с.-г. наук, проф. Гончарова М.Д. Суми, 2020. С. 141–160. URL: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/7719/1>.
7. Борзих О., Ткаленко Г., Сергієнко В. Вплив комплексного застосування біологічних і хімічних препаратів на розвиток хвороби та врожайності картоплі. Вісник аграрної науки. 2021. 99(8). С. 15–25. DOI: 10.31073/агровісник 202108-02.
8. Пидя С.В., Конончук О.Б., Крук І.П. Ефективність фунгіцидів дітан і квадріс проти хвороб та їх вплив на урожай картоплі. Сучасний рух на-

уки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Дніпро, 2019. Т. 3. 724 с., 28 с.

9. Ефективність біологічних препаратів проти мікозів картоплі / Н.М. Плотницька та ін. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2024. С. 45–49. URL: file:///D:/Downloads/8.pdf.

10. Балан Г.О. Впровадження біологічних фунгіцидів у сільськогосподарське виробництво. Стратегія інтеграції аграрної освіти, науки, виробництва: глобальні виклики продовольчої безпеки та змін клімату. Міжнародний форум: тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв, 2021. С. 103–106. URL: https://www.mnau.edu.ua/files/nauk_prof_konf/tezi-2021.pdf#page=103.

11. Попова Л.В., Балан Г.О. Вивчення мікробіопрепаратів, які застосовуються проти збудників хвороб та регламенти їх застосування. Методичні вказівки з дисципліни «Біологічний захист рослин». Одеса: ОДАУ, 2018. 30 с.

12. Тактаєв Б.А., Подберезко І.М., Лященко С.А., Осипчук А.А. Елементи системи захисту картоплі за вирощування на основі органічного землеробства в умовах Полісся України. Картоплярство. 2020. Вип. 45. С. 89–103.

13. Методологія оцінювання сортотразків картоплі на стійкість проти основних шкідників і збудників хвороб / С.Щ. Трибель та ін. Київ: Аграрна наука, 2013. 264 с.

14. Посібник ЄЕК ООН щодо хвороб, шкідників та дефектів насінневої картоплі. Нью-Йорк–Женева, 2014. 108 с. URL: www.unece.org/trade/agr/standard/potatoes/pot_e.html.

15. Картоплярство: методика дослідної справи / А.А. Бондарчук та ін. Вінниця: ТОВ «ТВО-РИ», 2019. 625 с.

16. Федорчук С.В., Цуркан Р.П., Лісовий М.М. Фітофтороз і альтернаріоз картоплі в умовах Полісся України. Scientific Bulletin of UNFU. 2024. 34.6. С. 8–12.

17. Furdyga M.M., Cherednychenko L.M., Sobran V.M., Suchkova V.M. Assessment of late blight resistance by leaves of newly created and original potato breeding material. Bulletin of Agrarian Science. 2021. Вип. 6. С. 24–33. DOI: 10.10.31073/agrovisnyk202106-03

18. Bondus R.O., Kharchenko Yu.V., Mishchenko L.T. Virus resistance of potato genetic diversity under climate change conditions. Genetic resources of plants. 2019. Вип. 25. С. 104–115. DOI: 10.10.36814/pgr.2019.25.08

19. Реєстраційні випробування фунгіцидів у сільському господарстві / С.В. Ретьман та ін. Київ: Колобір, 2013. 296 с.

REFERENCES

1. Martynenko, V.I. (2019). Vplyv suchasnykh kombinovanykh funhitsydiv na rozvytok fitoflorozu kartopli [Influence of modern combined fungicides on the development of potato late blight].

Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Fitopatolohiia ta entomolohiia [Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University. Phytopathology and Entomology]. no. 1–2, pp. 88–92. Available at: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/19542/1/Vkhnu_ento_2019_1-2_12.pdf.

2. Zhuravska, I.A., Ustymenko, Ya.I., Shafarchuk, S.P., Levchenko, O.V., Trofimchuk, O.L. (2021). Obhruntuvannia prohnozu poivay alternari-ozu kartopli v umovakh hlobalizatsii [Substantiation of the forecast of potato alternaria emergence in the context of globalization The 7th International scientific and practical conference “Actual trends of modern scientific research”]. Munich, Germany, MDPC Publishing, 31 p.

3. Polozhenets, V.M., Nemerytska, L.V., Zhuravska, I.A. (2020). Prohnozuvannia rivnia sezonnoho rozvytku alternariozu kartopli v Polissi Ukrainy [Prediction of the level of seasonal development of potato alternaria in Polissya of Ukraine]. Visnyk Zhytomyrskoho ahrotekhnichnoho koledzhu: zb. nauk. statei [Bulletin of the Zhytomyr Agrotechnical College: collection of scientific articles]. Issue 2(1), pp. 10–17. Available at: <http://46.219.2.151/bitstream/123456789/170/1.pdf>.

4. Andriichuk, T.O., Skoreiko, A.M. (2019). Elementy zakhystu kartopli vid fomozi hnyli. [Elements of potato protection against phomose rot]. Kartopliarstvo [Potato growing]. Issue 44, pp. 111–118.

5. Vyshnevskaya, O., Riazantsev, M., Zakharchuk, N. (2023). Urozhainist nasinniovoi kartopli ta zarazhenist bulb ryzoktoniozom zalezho vid zastosuvannia riznykh sposobiv obrobky [Yield of seed potatoes and infection of tubers with rhizoctonia depending on the use of different treatment methods]. Silske hospodarstvo ta roslynnytstvo: teoriia ta praktyka [Agriculture and crop production: theory and practice]. no. 3, pp. 87–97. DOI: 10.54651/agri.2023.03.10.

6. Dubovyk, V.I., Levechanovskyi, O.Yu., Odintsova, K.M. (2020). Zakhyst kartopli vid khvorob [Protecting potatoes from diseases]. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya «Honcharivski chytannia» prysviachenoï 91-richchiu z dnia narodzhennia d-ra s.-g. nauk, prof. Honcharova M.D. [International Scientific and Practical Conference “Goncharov Readings” dedicated to the 91st anniversary of the birth of Doctor of Agricultural Sciences, Prof. Goncharov M.D.]. Sumy, pp. 141–160. Available at: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/7719/1>.

7. Borzykh, O., Tkachenko, H., Serhiienko, V. (2021). Vplyv kompleksnoho zastosuvannia biolohichnykh i khimichnykh preparativ na rozvytok khvoroby ta vrozhaïnist kartopli [The influence of the complex use of biological and chemical preparations on the development of the disease and potato yield.]. Visnyk ahranoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 99(8), pp. 15–25. DOI: 10.31073/ahrovisnyk 202108-02.

8. Pyda, S.V., Kononchuk, O.B., Kruk, I.P. (2019). Efektyvnist funhitsydiv ditan i kvadris proty khvorob ta yikh vplyv na urozhai kartopli [Effectiveness of dithane and quadris fungicides against diseases and their impact on potato yield]. *Suchasnyi rukh nauky: tezy dop. VIII mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii* [Modern movement of science: abstracts of the VIII international scientific and practical Internet conference]. Dnipro, Vol. 3, 724 p., 28 p.
9. Plotnytska, N.M., Nevmerzhytska, O.M., Hurmanchuk, O.V., Karpov, O.V., Nevidomskiy, R.V. (2024). Efektyvnist biolohichnykh preparativ proty mikoziv kartopli [Efficiency of biological preparations against potato mycoses]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika* [Podolsk Herald: agriculture, technology, economy]. pp. 45–49. Available at: <file:///D:/Downloads/8.pdf>.
10. Balan, H.O. (2021). Vprovadzhennia biolohichnykh funhitsydiv u silskohospodarske vyrobnytstvo [Introduction of biological fungicides into agricultural production]. *Stratehiia intehratsii ahrarnoi osvity, nauky, vyrobnytstva: hlobalni vyklyky prodovolchoi bezpeky ta zmin klimatu. Mizhnarodnyi forum: tezy dopovidei uchasnykiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Strategy of integration of agricultural education, science, production: global challenges of food security and climate change. International forum: abstracts of the participants of the international scientific and practical conference]. Mykolaiv, pp. 103–106. Available at: https://www.mnau.edu.ua/files/nauk_prof_konf/tezi-2021.pdf#page=103.
11. Balan, H.O., Balan, H.O. (2018). Vyvchennia mikrobiopreparativ, yaki zastosovuiutsia proty zbudnykiv khvorob ta rehlamenti yikh zastosuvannia [Study of microbiological products used against pathogens and regulations for their use]. *Metodychni vkazivky z dystsypliny «Biolohichniy zakhyst roslin»* [Methodological instructions for the discipline "Biological protection of plants"]. Odesa, ODAU, 30 p.
12. Taktaiev, B.A., Podberezko, I.M., Liashchenko, S.A., Osypchuk, A.A. (2020). Elementy systemy zakhystu kartopli za vyroshchuvannia na osnovi orhanichnogo zemlerobstva v umovakh Polissia Ukrainy [Elements of the potato protection system for cultivation on the basis of organic farming in Polissya of Ukraine]. *Kartopliarstvo* [Potato growing]. Issue 45, pp. 89–103.
13. Trybel, S.Sh., Pylypenko, L.A., Bondarchuk, A.A. (2013). Metodolohiia otsiniuvannia sortozrazkiv kartopli na stiikist proty osnovnykh shkidnykiv i zbudnykiv khvorob [Methodology for evaluating potato varieties for resistance to major pests and pathogens]. Kyiv, Agricultural science, 264 p.
14. Posibnyk YeEK OON shchodo khvorob, shkidnykiv ta defektiv nasinnievoi kartopli. [UNECE Handbook on diseases, pests and defects of seed potatoes]. Niu-Iork–Zheneva, 2014, 108 p. Available at: www.unece.org/trade/agr/standard/potatoes/pot_e.html. [in Ukrainian]
15. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Oliynyk, T.M., Furdyha, M.M., Vyshnevs'ka, O.V., Osypchuk, A.A., Zakharchuk, N.A. (2019). Kartoplyarstvo: metodyka doslidnoyi spravy [Potato growing: methodology of the experimental case]. Vinnytsya, LLC "Tvory", 625 p.
16. Fedorchuk, S.V., Tsurkan, R.P., Lisovyi, M.M. (2024). Fitofloroz i alternarioz kartopli v umovakh Polissia Ukrainy [Potato late blight and alternaria in Polissya of Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU*. no. 34.6, pp. 8–12.
17. Furdyga, M.M., Cherednychenko, L.M., Sobran, V.M., Suchkova, V.M. (2021). Assessment of late blight resistance by leaves of newly created and original potato breeding material. *Bulletin of Agrarian Science*. Issue 6, pp. 24–33. DOI: 10.10.31073/agrovisnyk202106-03
18. Bondus, R.O., Kharchenko, Yu.V., Mishchenko, L.T. (2019). Virus resistance of potato genetic diversity under climate change conditions. *Genetic resources of plants*. Issue 25, pp. 104–115. DOI: 10.10.36814/pgr.2019.25.08
19. Retman, S.V., Lisoviy, M.P. (2013). Reiestratsiini vyprobuvannia funhitsydiv u silskomu hospodarstvi [Registration trials of fungicides in agriculture]. Kyiv, Kolobih, 296 p.

Influence of modern fungicidal preparations on potato disease incidence

Liashchenko S., Rozhniatovskyi A., Matushkevych G., Zakharchuk N.

Studies on the technical and economic efficiency of NORDOX 75WG and VERNO FG with additional preparations Banjo Forte, Kurzat R and Zorvek Incantia®, has identified that plants were affected by late blight from 1.9 % to 10.8 %. Alternaria infection was detected in all variants at levels ranging from 1.8 % to 34.5 %. At the end of the second decade of July the development of Alternaria continued to progress and the spread of the disease ranged from 1.9 and 9.7 % to 34.5 and 28.9 %. The spread of the disease was established within the range of 68.7–81.3 %. On average, the technical effectiveness against Alternaria of Nordox 75WG (1.0 kg/ha) was 72.5 %, Nordox 75WG + systemic preparations used by the Institute – 94.4 %; the effectiveness of Verno FG (0.25 kg/ha) was 44.8 %, Verno FGV (0.5 kg/ha) – 41.3 %, with systemic preparations of the Institute respectively, 56.6 % and 55.7 %. According to the results of tuber analysis, it was found that the disease incidence was respectively: rhizoctonia from 2 and 2.4 % to 1.1 and 0.5 %, common scab from 24.3 and 9.9 % to 2.9 and 1.6 %, dry rot from 26.7 and 15.2 % to 9.3 and 5.9 %. When using Nordox 75WG and Nordox 75WG + systemic fungicides of the Institute, the best results were obtained in protecting

tubers from diseases, so the incidence of common root rot was 0.5 and 0.3 %, rhizoctonia – 0.5 %, dry rot – 6.9 and 5.9 %. The total percentage of healthy tubers was 90.7 and 94.1 %. The overall effectiveness of the preparations was as follows: Nordox 75WG: rhizoctonia – 71.4 %, common scab – 89.6 %, dry rot – 65.3 %; Nordox 75WG + systemic fungicides of the Institute – 76.8 %, 94.2 % and 74.7 %

respectively; Verno FG, 0.25 kg/ha – 53.6 %, 46.0 % and 65.3 %; Verno FG, 0.25 kg/ha + systemic fungicides of the Institute – 36.3 %, 67.5% and 64.5 %; Verno FG, 0.5 kg/ha – 62.5 %, 50.3 % and 58.5 %; Verno FG, 0.5 kg/ha + systemic fungicides of the Institute – 66.1 %, 68.7 % and 65.3 %.

Key words: potatoes, damage, protection, fungicides, technical efficiency.



Copyright: Лященко С.А. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Лященко С.А.

<https://orcid.org/0000-0001-6558-7058>

Рожнятовський А.О.

<https://orcid.org/0000-0002-7855-4439>

Матусевич Г.Д.

<https://orcid.org/0009-0008-6513-5287>

Захарчук Н.А.

<https://orcid.org/0000-0001-5853-9429>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.853.52:631.526.32:631.559

**Аналіз урожайності сортів сої культурної
[*Glycine max* (L.) Merrill] у зоні Лісостепу України****Михайлик С.М.** , **Смутьська І.В.** , **Сонеч Т.Д.** , **Орленко Н.С.** 

Український інститут експертизи сортів рослин



Михайлик С.М. E-mail: svetlana.nik2519@gmail.com



Михайлик С.М., Смутьська І.В., Сонеч Т.Д., Орленко Н.С. Аналіз урожайності сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill] у зоні Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 152–161.

Mykhailyk S., Smulsk I., Sonets T., Orlenko N. Yield analysis of cultivated soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill] in the Forest-Steppe zone of Ukraine «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 152–161.

Рукопис отримано: 26.09.2025 р.

Прийнято: 13.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-152-161

У статті наведено результати комплексного вивчення та оцінювання нових сортів сої культурної [*Glycine max* (L.) Merrill] ранньої (EXTC 411, Світлиця, ПОО7А12, Волонтерка, SAC224914, DM DINIPRA) та середньої (LID Educator, EXTX 114, EXTC 416, EXTC 402, П11А67, Байрактар) груп стиглості за врожайністю, пластичністю і стабільністю в умовах Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2023 та 2024 рр. на філіях Українського інституту експертизи сортів рослин у чотирьох пунктах дослідження зони Лісостепу. Площа облікової ділянки становила 25 м², розміщення ділянок – рендомізоване, повторність – чотириразова. За результатами досліджень, вищу врожайність отримано у середньостиглих сортів LID Educator (3,65 т/га), П11А67 (3,59 т/га), EXTX 114 (3,51 т/га) та ранньостиглих – Волонтерка (3,45 т/га) і EXTC 411 (3,38 т/га). Найбільш пластичними за показником урожайності є сорти Волонтерка (bi 1,44), EXTC 416 (bi 1,30), EXTX 114 (bi 1,20). Слабку реакцію на зміну умов середовища продемонстрували сорти EXTC 411 (bi 0,55), ПОО7А12 (bi 0,59), SAC224914 (bi 0,85), Світлиця (bi 0,88), Байрактар (bi 0,92) і DM DINIPRA (bi 0,95). Найбільш стабільними за показником врожайності виявились сорти EXTC 402 (Si² 0,01), Байрактар (Si² 0,05), SAC224914 (Si² 0,07) і EXTC 416 (Si² 0,07). Здатні забезпечити високий врожай за сприятливих погодних умов сорти Волонтерка (bi 1,44), EXTC 416 (bi 1,30), EXTX 114 (bi 1,20). Кращими адаптивними сортами для умов зони Лісостепу за поєднанням показників врожайності, пластичності та стабільності є сорти Волонтерка (3,45 т/га, bi 1,44, Si² 0,44), LID Educator (3,65 т/га, bi 1,14, Si² 0,24), EXTX 114 (3,51 т/га, bi 1,20, Si² 0,12), EXTC 416 (3,34 т/га, bi 1,30, Si² 0,07) та П11А67 (3,34 т/га, bi 1,30, Si² 0,07).

Ключові слова: УІЕСР, пластичність, стабільність, температура повітря, опади.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соя культурна [*Glycine max* (L.) Merrill] є цінною білково-олійною сільськогосподарською культурою [1, 2]. Високий вміст білка в насінні сої (30–52 %) робить її основною сировиною у виробництві рослинного білка для забезпечення вирішення проблем продовольчої безпеки у світі

[3–7]. На сою, також, припадає близько 53 % світового обсягу виробництва олії, завдяки її вмісту у насінні сої, який може становити від 16 до 27 % [8, 9]. Крім того, це гарний попередник, який завдяки симбіозу із азотфіксуючими бактеріями сприяє накопиченню азоту в ґрунті, що дозволяє ефективно та екологічно підвищити його родючість [10, 11].

Сою – це найбільш розповсюджена серед зернобобових та олійних рослин в культурі, яку вирощують у більшості країн світу [12]. За даними USDA, світове виробництво сої у 2023 р. сягнуло 37806 тис. т з площі 136,84 млн га. Найбільшими виробниками та експортерами сої у світі є Бразилія (39 %), США (29 %) і Аргентина (13 %). Україна за обсягами вирощування входить у десятку країн-виробників сої [13]. За даними Держстату України, соєю в 2024 р. вирощували на 2,66 млн га (144,2 % до минулого року), що становить 29,8 % від площ під олійними культурами. Валовий збір сої становив 6,0 млн т, що на 25 % вище за показник 2023 р. (4,8 млн т сої) та є найвищим показником за останні 15 років.

Урожайність сої значно залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Основними причинами зниження урожайності сої можуть стати несприятливі погодні умови у період вегетації (недостатня кількість вологи або нерівномірний розподіл опадів, екстремальна температура повітря), дефіцит поживних речовин у ґрунті, ураження хворобами та шкідниками [14–16]. В кліматичний пояс сої входять ті території, де сума ефективних температур становить від 1700 °С (для ранніх сортів) до 3300 °С (для середньостиглих), випадає від 400 до 760 мм опадів на рік [17, 18], а вегетаційний період триває від 100 до 140 діб щонайменше. В Україні сою вирощують в усіх ґрунтово-кліматичних зонах – Степ, Лісостеп і Полісся. Найбільш сприятливими умовами для вирощування сої, наразі, є зона Лісостепу, яка займає близько 34 % території країни та характеризується помірним і теплим кліматом. Проте, негативною ознакою клімату є нестійке зволоження внаслідок чергування вологих і посушливих років [19, 20]. В Україні саме гідрологічні умови вважають лімітуючим кліматичним чинником для формування продуктивності сільськогосподарських культур [21, 22].

Вважається, що частка впливу сортового матеріалу на збільшення врожайності сільськогосподарських культур може становити 30–60 % [23, 24]. За сприятливих умов вирощування, перевага надається сортам із високою потенційною продуктивністю. Проте, у несприятливих або екстремальних умовах, важливим стає поєднання високої урожайності сортів із високою адаптивністю до умов середовища – пластичністю. Стабільність сорту визначається їх гомеостатичністю, відносно низькою реакцією на мінливість умов навколишнього середовища [25]. Сорти з високим показником пластичності оптимально реагують на гетерогенність навколишнього

середовища та можуть забезпечити високу урожайність і якість продукції [26, 27]. За результатами вивчення екологічної пластичності та стабільності врожаю сортів сої культурної можливо виявити найбільш адаптивні сорти з стабільно високим врожаєм насіння, придатні для вирощування у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [28]. Характеристика сортів сої за показниками пластичності і стабільності дозволяє ефективно оцінити їх за якісними показниками та класифікувати їх особливості з позиції господарської й селекційної цінності [29, 30].

Для підвищення урожайності сої, з урахуванням зміни клімату, особливого значення набуває вивчення та добір урожайних, стабільних та пластичних сортів, придатних для вирощування у певних екологічних умовах.

Метою досліджень була оцінка адаптивності нових сортів сої культурної за урожайністю в умовах зони Лісостепу України, методом розрахунку індексу пластичності (b_i) та індексу стабільності (Si^2).

Матеріал і методи дослідження. Польові дослідження сортів сої культурної та оцінку урожайності в зоні Лісостепу проводили на Вінницькій, Сумській, Чернівецькій та Тернопільській філіях Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР) у 2023 та 2024 роках. У дослідженні використовували сорти ранньої (тривалість періоду вегетації – 91–110 діб) – EXTC 411, Світлиця, ПОО7А12, Волонтерка, SAC224914, DM DINIPRA та середньої груп стиглості (тривалість періоду вегетації – 111–130 діб) – LID Educator, EXTX 114, EXTC 416, EXTC 402, П11А67, Байрактар. Закладання дослідів здійснювали в останній декаді квітня – першій декаді травня залежно від погодних умов, які склалися у кожному пункті дослідження. Облікова площа однієї дослідної ділянки становила 25 м², повторність – чотириразова, розміщення ділянок – рендомізоване [31]. За проведення польових досліджень дотримувались загальноприйнятої агротехніки виробництва сої, яка передбачала такі технологічні операції: оранку, ранньовесняне боронування, внесення мінеральних добрив, передпосівну культивування, сівбу, догляд за посівами (внесення засобів захисту рослин) і збирання урожаю. Агротехнічні заходи були спрямовані на забезпечення оптимальних умов живлення і стійкості рослин до хвороб та шкідників. Висівали сою рядковим способом, із нормою висіву 450–550 тис. насінин ранньостиглих та 300–350 тис. насінин середньостиглих сортів. Збирання зерна сої

культурної здійснювали прямим комбайнуванням у першій декаді вересня. Врожайність зерна визначали із приведенням до стандартної вологості [32]. Для опрацювання даних польових досліджень використовували методи описової статистики [31].

Для оцінки адаптивності сортів до різних умов вирощування важливим є розрахунок індексу пластичності (b_i) та індексу стабільності (Si^2). Для оцінки пластичності сорту використали метод Еберхарта-Рассела (Eberhart & Russell, 1966) [33], викладеного у статті О.С. Зінченко, К.В. Ведмедєва, О.В. Якубенко [25].

Коефіцієнт регресії i -го сорту на зміну чинника середовища розраховують за формулою:

$$\beta_i = \frac{\sum_{j=1}^m Y_{ij} \times I_j}{\sum_{j=1}^m I_j^2}$$

Варіансу стабільності (відхилення від регресії) S_d^2 у моделі Еберхарта-Рассела використовують для оцінки стабільності сорту. Чим значення відхилення менше, тим стабільність сорту вища:

$$S_d^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_{ij} - \mu_i - \beta_i I_j)^2}{m - 2}$$

де Y_{ij} – урожайність i -го сорту в j -му середовищі; μ_i – середня урожайність сорту i ; β_i – коефіцієнт регресії, що показує реакцію сорту на зміну умов середовища; I_j – індекс умов середовища; d_{ij} – відхилення фактичної урожайності від очікуваного значення; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – кількість досліджуваних сортів; $j = 1, 2, 3, \dots, m$ – кількість пунктів досліджень.

Сорт вважається стабільним, якщо Si^2 є незначним (нульовим або близьким до нуля). Якщо $b_i \approx 1$ – сорт має середню адаптивність; $b_i > 1$ – сорт чутливий до змін середовища, дає високий урожай у сприятливих умовах, але нестабільний у несприятливих; $b_i < 1$ – сорт стабільний, дає відносно рівномірний урожай навіть у екстремальних умовах. Як суттєве відхилення від середнього показника приймали 10 % [34, 35].

У період вегетації сої культурної в кожному пункті досліджень визначали середньодобову температуру, кількість опадів. Одержані показники реєстрували за допомогою програмно-апаратного комплексу «Метеотрек». Для оцінки умов зволоження, крім оцінки кількості опадів, використовували комплексний показник гідротермічного коефіцієнта (ГТК) Селянінова, який враховує надходження води (опадів) та її сумарну витрату на випаровування.

Результати дослідження та обговорення. У Вінницькій філії УІЕСР найбільш спекотним у 2023 р. виявився серпень, коли середні температури повітря коливались від 22,5 до 29,8 °C, а максимальні сягали 38,6 °C. У 2024 р. спекотний період припав на липень – середня температура повітря сягала 23,9–31,5 °C, максимальна – 39,0 °C. Значно більшу кількість опадів (565,4 мм) у філії мали у 2024 р., проте їх розподіл впродовж вегетації був нерівномірним. Найбільш дощовим став червень, коли випало 388,5 мм, а дощі мали зливовий прояв (рис. 1).

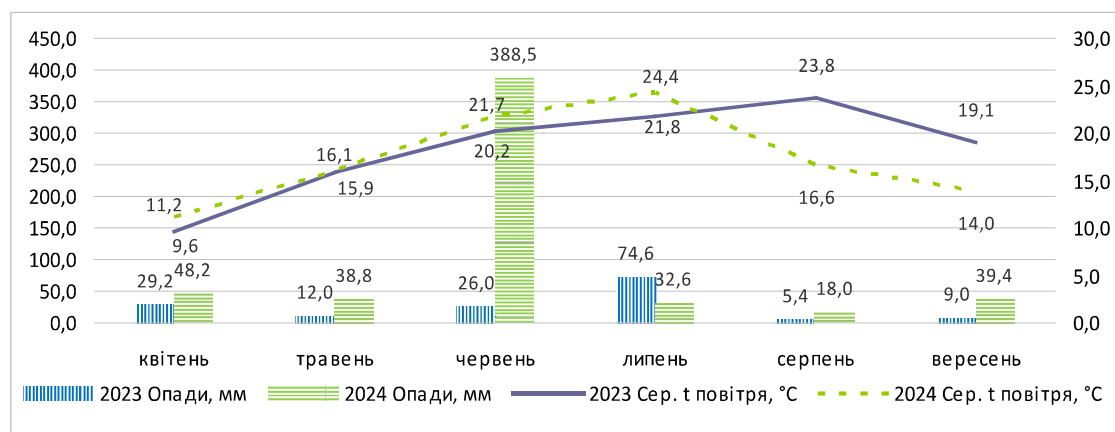


Рис. 1. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Вінницькій філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.

У Сумській філії погодні умови 2023 р. характеризувались помірними температурами та надмірною кількістю опадів упродовж всього вегетаційного періоду. 2024 р. виявився більш екстремальним – із затяжною, холодною весною та спекотним літом. Під час посіву та на початку вегетації (кінець квітня – початок травня) середня температура становила 10,1–11,2 °С, фіксували заморозки на поверхні ґрунту. Влітку температура повітря сягала 36,0 °С. Опади були розподілені нерівномірно – значна їх частина (~51 %) випала у червні (рис. 2).

Погодні умови у Чернівецькій філії у 2023 р. виявились прохолоднішими та вологішими порівняно із 2024 р. У 2023 р. липень був найбільш дощовим (163,4 мм опадів), а серпень – найтеплішим (із середньою температурою 22,5 °С). У 2024 р. середня температура влітку становила 21,1–22,8 °С, а максимальна сягала 37,0 °С. В усі роки досліджень менша кількість опадів випадала у травні (рис. 3).

У Тернопільській філії погодні умови 2023 р. характеризувались нижчими середніми температурами впродовж вегетаційного періоду порівняно із 2024 р. – 9,5–20,6 °С проти 9,6–22,3 °С, відповідно. Максимальні температури сягали вищої позначки (36,9 °С) також у 2024 році. (рис. 4).

Кількість опадів у 2024 р. (від 37,1 мм у травні до 112,3 мм у липні) перевищувала показники попереднього року (від 1,4 мм у вересні до 48,8 мм у липні) впродовж усього вегетаційного періоду.

Відповідно до шкали Селянінова, умови зволоження за вегетаційний період сої у пунктах дослідження виявились неоднорідними. У Вінницькій та Тернопільській філіях вегетаційний період 2023 р. вирізнявся сильною посухою (ГТК 0,45 і 0,44), а 2024 – надмірним зволоженням (ГТК 1,95 і 1,59). У Сумській та Чернівецькій філіях більш посушливими умовами характеризувався 2024 р. із ГТК 0,83 і 0,76 проти 2023 р. із ГТК 1,82 і 1,18, відповідно (табл. 1).

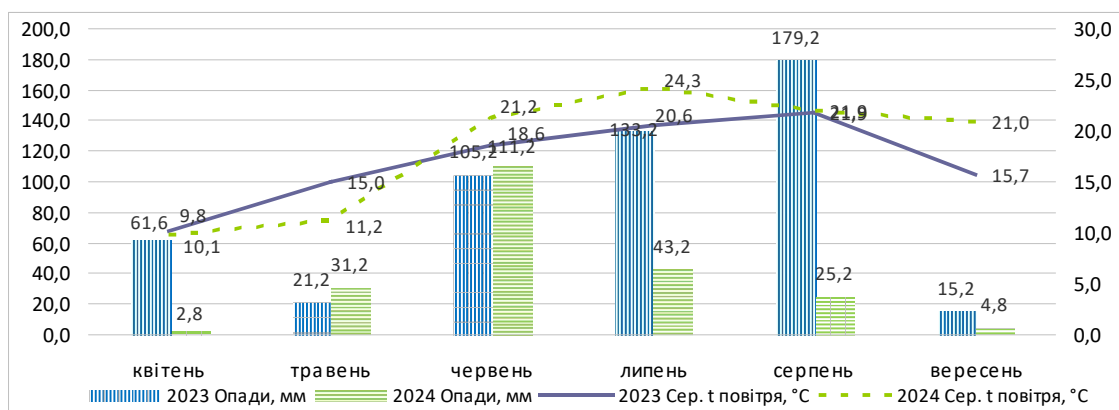


Рис. 2. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Сумській філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.

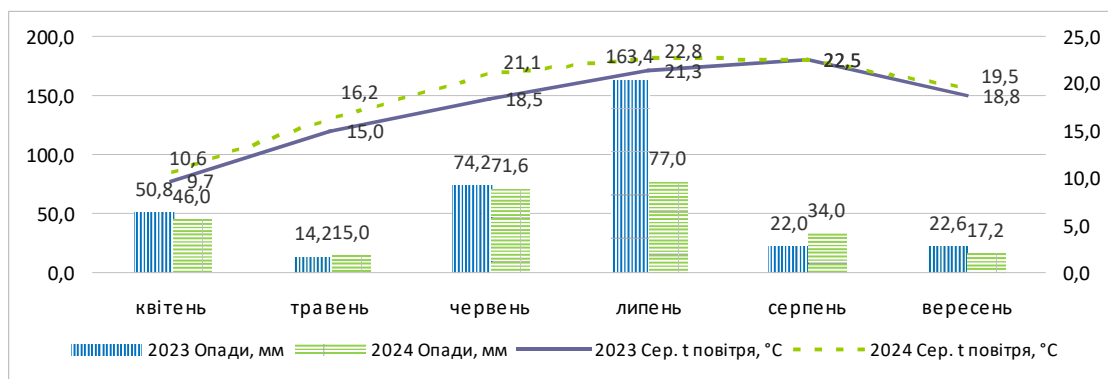


Рис. 3. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Чернівецькій філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.

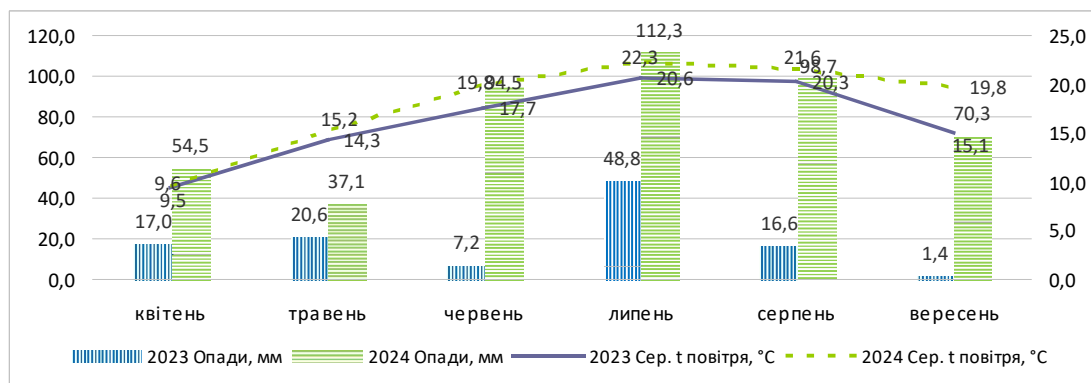


Рис. 4. Середня температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду у Тернопільській філії УІЕСР за 2023 і 2024 роки.

Таблиця 1– Кліматичні показники у пунктах дослідження за період вегетації сої культурної у 2023 і 2024 роках

Пункт дослідження	Рік дослідження	Сума активних температур, °C	Кількість опадів, мм	Гідро-термічний коефіцієнт (ГТК)	Оцінка зволоження
Вінницька філія	2023	2843,45	156,2	0,45	сильна посуха
	2024	2538,15	565,4	1,92	надзвичайно волого
Сумська філія	2023	2608,63	515,6	1,82	надзвичайно волого
	2024	2590,94	218,4	0,83	слабка посуха
Чернівецька філія	2023	2510,47	347,2	1,18	достатньо волого
	2024	2941,91	260,8	0,76	слабка посуха
Тернопільська філія	2023	2231,96	111,6	0,44	сильна посуха
	2024	2790,61	368,6	1,59	надзвичайно волого

За роки дослідження найменша кількість опадів випала у Тернопільській філії у 2023 р. – 111,6 мм, а найбільша – у Вінницькій філії у 2024 р. – 565,4 мм. Найбільш спекотним вегетаційний період виявився у 2024 р. у Чернівецькій філії із сумою активних температур 2941,91 °C та 2023 р. у Вінницькій філії – 2843,45 °C.

За результатами наших досліджень, найбільш урожайними виявились середньостиглі сорти LID Educator, П11А67, EXTX 114 та ранньостиглі – Волонтерка і EXTC 411 із середньою врожайністю 3,65; 3,59; 3,51; 3,45 і 3,38 т/га, відповідно (табл. 2).

Найменш врожайними є ранньостиглий сорт DM DINIPRA (2,91 т/га) і середньостиглий – Байрактар (3,09 т/га). Водночас, середньостиглі сорти продемонстрували дещо

вищу середню врожайність, порівняно із ранньостиглими.

У досліді найбільш пластичними за показником урожайності сортами сої, які сильніше реагують на зміну умов вирощування, виявились Волонтерка (bi 1,44), EXTC 416 (bi 1,30), EXTX 114 (bi 1,20). Дещо менш пластичними є сорти LID Educator (bi 1,14), П11А67 (bi 1,12) і EXTC 402 (bi 1,06). Ці сорти дадуть вищий врожай за сприятливих погодних умов і високого рівня агротехніки.

Сорти EXTC 411 (bi 0,55), П007А12 (bi 0,59), SAC224914 (bi 0,85), Світлиця (bi 0,88), Байрактар (bi 0,92) і DM DINIPRA (bi 0,95) мають bi < 1, що свідчить про більш слабку реакцію на зміну умов середовища. Такі сорти мають можливість реалізувати свій потенціал врожайності навіть за нестійких умов.

Таблиця 2 – Урожайність, пластичність та стабільність сортів сої культурної у зоні Лісостепу України

Сорт	Урожайність, т/га									b _i (пластичність)	S ² (стабільність)
	2023				2024				Середня		
	Вінницька філія	Сумська філія	Чернівецька філія	Тернопільська філія	Вінницька філія	Сумська філія	Чернівецька філія	Тернопільська філія			
Ранньостиглі											
EXTC 411	2,62	3,37	4,01	3,31	3,49	2,92	3,37	3,92	3,38	0,55	0,13
Світлиця	2,38	4,85	2,98	2,87	3,36	2,27	3,10	3,53	3,17	0,88	0,45
ПОО7А12	3,01	2,51	3,97	4,09	2,41	2,98	3,81	3,92	3,34	0,59	0,41
Волонтерка	2,64	5,15	2,83	3,45	3,07	2,47	3,03	4,97	3,45	1,44	0,44
SAC224914	3,01	4,06	3,53	3,68	2,40	2,78	3,49	3,68	3,33	0,85	0,07
DM DINIPRA	2,42	3,37	3,42	2,88	2,31	1,87	3,57	3,43	2,91	0,95	0,12
Середньостиглі											
LID Educator	2,92	3,78	4,74	4,56	2,71	2,86	3,39	4,25	3,65	1,14	0,24
EXTX 114	3,43	4,24	3,70	3,65	3,01	2,10	3,37	4,61	3,51	1,20	0,12
EXTC 416	2,89	4,24	3,97	3,29	2,76	2,08	3,13	4,36	3,34	1,30	0,07
EXTC 402	2,54	3,77	3,48	3,25	2,37	2,49	3,09	4,05	3,13	1,06	0,01
П11А67	3,14	3,38	3,82	4,62	2,21	3,15	3,53	4,85	3,59	1,12	0,35
Байрактар	2,65	3,90	3,20	3,16	2,31	2,67	2,94	3,87	3,09	0,92	0,05
НІР _{0,05}	0,9	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	-	-

Найбільш стабільними за показником врожайності серед досліджуваних сортів виявились EXTC 402 (S_i^2 0,01), Байрактар (S_i^2 0,05), SAC224914 (S_i^2 0,07) і EXTC 416 (S_i^2 0,07).

Для сільськогосподарського виробництва важливою характеристикою сорту є поєднання високої врожайності з екологічною пластичністю та стабільністю прояву врожайності. За результатами дослідження, сортами які вдало поєднали ці характеристики є ранньостиглий сорт Волонтерка з урожайністю 3,45 т/га, пластичністю 1,44, стабільністю 0,44 та середньостиглі сорти LID Educator – з урожайністю 3,65 т/га, пластичністю 1,14, стабільністю 0,24, EXTX 114 – з урожайністю 3,51 т/га, пластичністю 1,20, стабільністю 0,12, EXTC 416 – з урожайністю 3,34 т/га, пластичністю 1,30, стабільністю 0,07 та П11А67 – з урожайністю 3,34 т/га, пластичністю 1,30 і стабільністю 0,07. Менш пластичними, проте врожайними та стабільними є ранньостиглі сорти EXTC 411 з урожайністю 3,38 т/га, пластичністю 0,55 і стабільністю 0,13 та SAC224914 урожайні-

стю 3,33 т/га, пластичністю 0,85 і стабільністю 0,07.

Висновки. За результатами дослідження нових сортів сої культурної, більш адаптивними до зміни погодних умов та кращими за поєднанням урожайності, пластичності та стабільності для вирощування у зоні Лісостепу є ранньостиглий сорт Волонтерка (урожайність 3,45 т/га, b_i 1,44, S_i^2 0,44) та середньостиглі сорти LID Educator (урожайність 3,65 т/га, b_i 1,14, S_i^2 0,24), EXTX 114 (урожайність 3,51 т/га, b_i 1,20, S_i^2 0,12), EXTC 416 (урожайність 3,34 т/га, b_i 1,30, S_i^2 0,07) та П11А67 (урожайність 3,34 т/га, b_i 1,30, S_i^2 0,07).

Середня врожайність досліджуваних сортів сої культурної середньої групи стиглості становила від 3,09 до 3,65 т/га та дещо перевищувала урожайність сортів ранньої групи, яка сягала від 2,91 до 3,45 т/га.

Вищу врожайність в умовах лісостепової зони отримано у середньостиглих сортів LID Educator (3,65 т/га), П11А67 (3,59 т/га), EXTX 114 (3,51 т/га) та ранньостиглих – Волонтерка (3,45 т/га) і EXTC 411 (3,38 т/га).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Prospective sustainable production of safe food for growing population based on the soybean (*Glycine max* L. Merr.) crops under Cd soil contamination stress / J. Zhan et al. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 212. P. 22–36. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.287.
2. Hartman G.L., West E.D., Herman T.K. Crops that feed the World 2. Soybean – worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. Food Security. 2011. Vol. 3. P. 5–17. DOI: 10.1007/s12571-010-0108-x
3. Comparing the primary energy and phosphorus consumption of soybean and seaweed-based aquafeed proteins – A material and substance flow analysis / G. Philis et al. Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 200. P. 1142–1153. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.247
4. Rahmadina, Nurwahyuni I., Elimasni, Hanafiah D.S. Genotype by environment analysis on multi-canopy cropping system towards harvest in soybean. Heliyon. 2023. Vol. 9(6). Article e16488. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16488
5. Suntoro S., Mujiyo M., Widijanto H., Herdiansyah G. Cultivation of Rice (*Oryza sativa*), Corn (*Zea mays*) and Soybean (*Glycine max*) Based on Land Suitability. Journal of Settlements & Spatial Planning. 2020. Vol. 11(1). P. 9–16. DOI: 10.24193/JSSP.2020.1.02
6. Chapter 8 – Soybean. Crop Physiology Case Histories for Major Crops / P. Grassini et al. Academic Press. 2021. P. 282–319. DOI: 10.1016/B978-0-12-819194-1.00008-6
7. Shea Z., Singer W.M., Zhang B. Soybean Production, Versatility, and Improvement. Legume Crops-Prospects, Production and Uses. London: IntechOpen, 2019. DOI: 10.5772/intechopen.91778
8. FAOSTAT. Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
9. Chapter 12 – Soybean. Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production / Aditya Pratap et al. Academic Press. 2016. P. 293–315. DOI: 10.1016/B978-0-12-801309-0.00012-4
10. Ke X., Wang X. Energy sensors: emerging regulators of symbiotic nitrogen fixation. Trends in Plant Science. 2024. Vol. 29(7). P. 730–732. DOI: 10.1016/j.tplants.2024.01.010
11. Physiological impact of flavonoids on nodulation and ureide metabolism in legume plants / M.A. Bosse et al. Plant Physiology and Biochemistry. 2021. Vol. 166. P. 512–521. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.06.007
12. Agegn A., Bitew Y., Ayalew D. Response of yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties to blended NPSZnB fertilizer rates in Northwestern Ethiopia. Heliyon. 2022. Vol. 8(5). Article e09499. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09499
13. World Agricultural Production. Circular Series WAP 9-24 September 2024. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>
14. Growing more with less: Breeding and developing drought resilient soybean to improve food security / A. Dubey et al. Ecological Indicators. 2019. Vol. 105. P. 425–437. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.03.003
15. Application of hyperspectral technology for leaf function monitoring and nitrogen nutrient diagnosis in soybean (*Glycine max* L.) production systems on the Loess Plateau of China / Z. Tang et al. European Journal of Agronomy. 2024. Vol. 154. Article 127098. DOI: 10.1016/j.eja.2024.127098
16. Soil hydro-thermal regimes and water use efficiency of rain-fed soybean (*Glycine max*) as affected by organic mulches / M.A. Kader et al. Agricultural Water Management. 2019. Vol. 223. Article 105707. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105707
17. Dogan E., Kirnak H., Copur O. Deficit irrigations during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. Field Crops Research. 2007. Vol. 103. Issue 2. P. 154–159. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.05.009
18. Писаренко В., Карашук С. Особливості водного режиму ґрунту в посівах сої – залежно від режимів зрошення, фону мінерального живлення та норми висіву. Зрошуване землеробство. 2010. № 55. С. 106–111.
19. Денисик Г.І. Лісостеп. Енциклопедія Сучасної України. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2016. URL: <https://esu.com.ua/article-55726>
20. Бреус Н.М. Лісостепова агроґрунтова зона. Географічна енциклопедія України. Київ: Укр. рад. енциклопедія, 1990. Т. 2. 283 с.
21. Кузьменко Ю.А., Федоренко М.В., Пірич А.В., Близнюк Р.М. Екологічна пластичність та стабільність перспективних ліній ярої пшениці (*Triticum aestivum* L.) за врожайністю. Вивчення та охорона сортів рослин. 2022. Т. 18. № 4. С. 242–250. DOI: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273985
22. Year patterns of climate impact on wheat yields / Q. Yu et al. International Journal of Climatology. 2014. Vol. 34(2). P. 518–528. DOI: 10.1002/joc.3704
23. Михайлик С.М., Кищенко З.Б., Сонець Т.Д., Смульська І.В. Результати оцінки нових сортів *Solanum tuberosum* L. за основними господарсько-цінними ознаками залежно від ґрунтово-кліматичних зон вирощування. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 1. С. 52–57. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277771
24. Вплив ґрунтово-кліматичних умов на прояв господарсько цінних ознак у різних сортів соняшнику однорічного (*Helianthus annuus* L.) / І.В. Смульська та ін. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 2. С. 118–125. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282553
25. Зінченко О.С., Ведмедева К.В., Якубенко О.В. Пластичність, стабільність та мінливість сортів сої за господарсько-цінними ознаками у екологічному сортопробуванні. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2018. № 25. С. 50–60.
26. Alpert P., Simms E.L. The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when

is it good for a plant to adjust. *Evol Ecol.* 2002. Vol. 16. P. 285–297. DOI: 10.1023/A:1019684612767

27. Callahan H.S., Dhanooolal N., Ungerer M.C. Plasticity genes and plasticity costs: a new approach using an Arabidopsis recombinant inbred population. *New Phytol.* 2005. Vol. 166. P. 129–139. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01368.x

28. Вплив ґрунтово-кліматичних умов на формування господарсько цінних ознак сортів сої (*Glycine max* (L.) Merrill) / Л.В. Король та ін. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 2. С. 126–135. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282551

29. Цицюра Т., Темченко І., Барвінченко С. Оцінка пластичності та стабільності показників якості насіння сортів сої різного еколого-географічного походження. Корми та кормовиробництво. 2021. № 92. С. 104–115. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202192-10

30. Рибальченко А.М. Пластичність та стабільність господарських ознак колекційних зразків сої. Зрошуване землеробство. 2021. № 76. С. 69–74. DOI: 10.32848/0135-2369.2021.76.13

31. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / за ред. С.І. Мельника, Л.М. Присяжнюк, С.М. Гринів. Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2024. 83 с.

32. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця, 2016. 82 с.

33. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966. Vol. 6. No 1. P. 36–40

34. Study of the adaptability and resistance of potato genotypes to *Fusarium solani* (Mart.) Sac / T. Sonets et al. *Věda a perspektivy.* 2023. Vol. 12(31). P. 344–353. DOI: 10.52058/2695-1592-2023-12(31)-344-353

35. Сич З.Д. Властивості коефіцієнтів стабільності ознак урожайності у динамічних рядах різної тривалості. Вивчення та охорона сортів рослин. 2005. № 2. С. 5–21. DOI: 10.21498/2518-1017.2.2005.67439

REFERENCES

1. Zhan, J., Twardowska, I., Wang, S., Wei, S., Chen, Y., Ljupco, M. (2019). Prospective sustainable production of safe food for growing population based on the soybean (*Glycine max* L. Merr.) crops under Cd soil contamination stress. *Journal of Cleaner Production.* Vol. 212, pp. 22–36. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.287

2. Hartman, G.L., West, E.D., Herman, T.K. (2011). Crops that feed the World 2. Soybean-worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security.* Vol. 3, pp. 5–17. DOI: 10.1007/s12571-010-0108-x

3. Philis, G., Gracey, E.O., Gansel, L.C., Fet, A.M., Rebours, C. (2018). Comparing the primary energy and phosphorus consumption of soybean and

seaweed-based aquafeed proteins – A material and substance flow analysis. *Journal of Cleaner Production.* Vol. 200, pp. 1142–1153. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.247

4. Rahmadina, Nurwahyuni, I., Elimasni, Hanafiah, D.S. (2023). Genotype by environment analysis on multi-canopy cropping system towards harvest in soybean. *Heliyon.* Vol. 9(6), Article e16488. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16488

5. Suntoro, S., Mujiyo, M., Widijanto, H., Herdiansyah, G. (2020). Cultivation of Rice (*Oryza sativa*), Corn (*Zea mays*) and Soybean (*Glycine max*) Based on Land Suitability. *Journal of Settlements & Spatial Planning.* Vol. 11(1), pp. 9–16. DOI: 10.24193/JSSP.2020.1.02

6. Grassini, P., La Menza, N.C., Edreira, J.I.R., Monzón, J.P., Tenorio, F.A., Specht, J.E. (2021). Chapter 8 – Soybean. *Crop Physiology Case Histories for Major Crops.* Academic Press. pp. 282–319. DOI: 10.1016/B978-0-12-819194-1.00008-6

7. Shea, Z., Singer, W.M., Zhang, B. (2019). Soybean Production, Versatility, and Improvement. *Legume Crops-Prospects, Production and Uses.* London: IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.91778

8. FAOSTAT. Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

9. Aditya, Pratap, Surinder Kumar, Gupta, Jitendra, Kumar, Suhel, Mehandi, Vankat R., Pandey. (2016). Chapter 12 – Soybean. *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production.* Academic Press. pp. 293–315. DOI: 10.1016/B978-0-12-801309-0.00012-4

10. Ke, X., Wang, X. (2024). Energy sensors: emerging regulators of symbiotic nitrogen fixation. *Trends in Plant Science.* Vol. 29(7), pp. 730–732. DOI: 10.1016/j.tplants.2024.01.010

11. Bosse, M.A., Bocchi da Silva, M., Rós Marques de Oliveira, N.G., Anderson de Araujo, M., Rodrigues, C., Poliszuk de Azevedo, J., Rodrigues dos Reis, A. (2021). Physiological impact of flavonoids on nodulation and ureide metabolism in legume plants. *Plant Physiology and Biochemistry.* Vol. 166, pp. 512–521. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.06.007

12. Agegn, A., Bitew, Y., Ayalew, D. (2022). Response of yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties to blended NPSZnB fertilizer rates in Northwestern Ethiopia. *Heliyon.* Vol. 8(5), Article e09499. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09499

13. World Agricultural Production. Circular Series WAP 9-24 September 2024. Available at: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>

14. Dubey, A., Kumar, A., Fathi Abd Allah, E., Hashem, A., Khan, M.L. (2019). Growing more with less: Breeding and developing drought resilient soybean to improve food security. *Ecological Indicators.* Vol. 105, pp. 425–437. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.03.003

15. Tang, Z., Wang, X., Xiang, Y., Liang, J., Guo, J., Li, W., Zhang, F. (2024). Application of hyperspectral technology for leaf function monitoring and

- nitrogen nutrient diagnosis in soybean (*Glycine max* L.) production systems on the Loess Plateau of China. *European Journal of Agronomy*. Vol. 154, Article 127098. DOI: 10.1016/j.eja.2024.127098
16. Kader, M.A., Nakamura, K., Senge, M., Mojid, M.A., Kawashima, S. (2019). Soil hydro-thermal regimes and water use efficiency of rain-fed soybean (*Glycine max*) as affected by organic mulches. *Agricultural Water Management*. Vol. 223, Article 105707. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105707
17. Dogan, E., Kirnak, H., Copur, O. (2007). Deficit irrigations during soybean reproductive stages and CROPGRO-soybean simulations under semi-arid climatic conditions. *Field Crops Research*. Vol. 2(103), pp. 154–159. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.05.009
18. Pisarenko, V., Karaschuk, S. (2010). Osoblyvosti vodnoho rezhymu gruntu v posivakh soyi – zalezno vid rezhymiv zroshennya, fonu mineral'noho zhyvlennya ta normy vysivu [Peculiarities of the water regime of the soil in soybean crops – depending on the irrigation regimes, the background of mineral nutrition and the rate of sowing]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated Agriculture]. no. 55, pp. 106–111.
19. Denysyk, G.I. (2016). Lisostep. Entsyklopediya Suchasnoyi Ukrayiny [Forest steppe. Encyclopedia of Modern Ukraine]. Kyiv, Institute of Encyclopedic Research of NAS of Ukraine. Available at: <https://esu.com.ua/article-55726>
20. Breus, N.M. (1990). Lisostepova ahrohruntova zona [Forest-steppe agro-soil zone. Geographical encyclopedia of Ukraine]. Kyiv, Ukrainian Soviet Encyclopedia, Vol. 2, 283 p.
21. Kuzmenko, Ye.A., Fedorenko, M.V., Pirykh, A.V., Blyzniuk, R.M. (2022). Ekolohichna plastychnist' ta stabil'nist' perspektyvnykh liniy yaroyi psheynytsi (*Triticum aestivum* L.) za vrozhaunistyu [Ecological plasticity and stability of promising lines of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in terms of yield]. *Vyvchennja ta ohorona sortiv roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 18(4), pp. 242–250. DOI: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273985
22. Yu, Q., Li, L., Luo, Q., Eamus, D., Xu, S., Chen, C., Wang, E., Nielsen, D.C. (2014). Year patterns of climate impact on wheat yields. *International Journal of Climatology*. Vol. 34(2), pp. 518–528. DOI: 10.1002/joc.3704
23. Mykhailyk, S.M., Kyienko, Z. B., Sonets, T.D., Smul'ska, I.V. (2023). The results of the assessment of new varieties of *Solanum tuberosum* L. according to the main economic and valuable characteristics depending on the soil and climatic zones of cultivation. *Plant Varieties Studying and Protection*. Vol. 19(1), pp. 52–57. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277771
24. Smul'ska, I.V., Topchii, O.V., Mykhailyk, S.M., Khomenko, T.M., Shcherbynina, N.P., Skubii, O.A. (2023). Rezul'taty otsinky novykh sortiv *Solanum tuberosum* L. za osnovnymi hospodars'ko-tsinnymi oznakamy zalezno vid gruntovo-klimatichnykh zon vyroshchuvannya [The influence of soil and climatic conditions on the manifestation of economically valuable traits in different varieties of *Helianthus annuus* L.]. *Vyvchennja ta ohorona sortiv roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 19(2), pp. 118–125. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282553
25. Zinchenko, A.S., Vedmedeva, E.V., Yakubenko, E.V. (2018). Plastychnist', stabil'nist' ta minlyvist' sortiv soyi za hospodars'ko-tsinnymi oznakamy u ekolohichnomu sortovyprobuvanni [Plasticity, stability and variability of soybean varieties for agronomically-important traits in ecological variety trial]. *Naukovo-tehnichnyj bjuleten' Instytutu olijnykh kul'tur NAAN* [Scientific and technical bulletin Institute of Oilseed Crops NAAS]. no. 25, pp. 50–60.
26. Alpert, P., Simms, E.L. (2002). The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is it good for a plant to adjust. *Evol Ecol*. Vol. 16, pp. 285–297. DOI: 10.1023/A:1019684612767
27. Callahan, H.S., Dhanoolal, N., Ungerer, M.C. (2005). Plasticity genes and plasticity costs: a new approach using an Arabidopsis recombinant inbred population. *New Phytol*. Vol. 166, pp. 129–139. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01368.x
28. Korol, L.V., Topchii, O.V., Dikhtiar, I.O., Piskova, O.V., Ivanytska, A.P., Shcherbynina, N.P. (2023). Vplyv gruntovo-klimatichnykh umov na formuvannya hospodars'ko tsinnykh oznak sortiv soyi (*Glycine max* (L.) Merrill) [The influence of soil and climatic conditions on the formation of economically valuable characteristics of soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merrill)]. *Vyvchennja ta ohorona sortiv roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 19(2), pp. 126–134. DOI: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282551
29. Tsyt'syura, T., Temchenko, I., Barvinchenko, S. (2021). Otsinka plastychnosti ta stabil'nosti pokaznykiv yakosti nasinnya sortiv soyi riznoho ekoloho-heohrafichnoho pokhodzhennya [Assessment of plasticity and stability of seed quality indicators of soybean varieties of different ecological and geographical origin]. *Kormy ta kormovyrobnyctvo* [Feeds and Feed Production]. no. 92, pp. 104–115. DOI: 10.31073/kormovyrobnyctvo202192-10
30. Rybalchenko, A.M. (2021). Plastychnist' ta stabil'nist' hospodars'kykh oznak kolektsiynykh zrazkiv soyi [Plasticity and stability of economic characteristics of collection samples of soybean]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated agriculture]. no. 76, pp. 69–74. DOI: 10.32848/0135-2369.2021.76.13
31. Melnyk, S.I., Prysyazhnyuk, L.M., Hryniv, S.M. (2024). Metodyka provedennya kvalifikatsiynoyi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist' do poshyrennya v Ukrayini. Zahal'na chastyna [Methods of conducting qualification tests of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part]. Vinnytsia, LLC «Tvory», 83 p.
32. Tkachyk, S.O. (2016). Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krup'yanykh ta zernobobovykh na prydatnist' do poshyrennya v Ukrayini [Methods of examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia, FOP Korzun D.Yu., 82 p.

33. Eberhart, S.A., Russel, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties Crop. Sci. Vol. 6(1), pp. 36–40.

34. Sonets, T., Kienko, Z., Mykhailyk, S., Sypliva, N., Gaidai, A., Borodai, V. (2023). Study of the adaptability and resistance of potato genotypes to *Fusarium solani* (Mart.) Sac. Věda a perspektivy. Vol. 12(31), pp. 344–353. DOI: 10.52058/2695-1592-2023-12(31)-344-353

35. Sych, Z. (2005). Vlastyivosti koefitsiyentiv stabil'nosti oznak urozhaynosti u dynamichnykh ryadakh riznoyi tryvalosti [Characteristics of the coefficients stability signs in the dynamical series with different duration]. Vyvchennja ta ohorona sortiv roslin [Plant Varieties Studying and Protection]. no. 2, pp. 5–21.

Yield analysis of cultivated soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill] in the Forest-Steppe zone of Ukraine

Mykhailyk S., Smulskia I., Sonets T., Orlenko N.

The article presents the results of a comprehensive study and evaluation of new cultivated soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill] of early (EXTC 411, Svitlytsia, ПОО7А12, Volonterka, SAC224914, DM DINIPRA) and medium (LID Educator, EXTX 114, EXTC 416, EXTC 402, П11А67, Bairaktar) maturity groups of ripeness in terms of yield, plasticity, and stability in the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. The research was conducted in 2023–2024 at branches of the Ukrainian Institute of

Plant Variety Examination at four research sites of the Forest-Steppe zone. The area of the study plot was 25m², plots placement was randomized, and the repeatability was fourfold. According to the research results higher yields were obtained for the mid-season varieties LID Educator (3.65 t/ha), P11A67 (3.59 t/ha), EKHT 114 (3.51 t/ha), and early-maturing varieties Volunteerka (3.45 t/ha) and EKHT 411 (3.38 t/ha). The most plastic in terms of yield are the varieties Volunterka (bi 1.44), EKTS 416 (bi 1.30), and EKTH 114 (bi 1.20). The area of the accounting plot was 25 m², the placement of the plots was randomized, the repetition was fourfold. The varieties EHTX 411 (bi 0.55), POO7A12 (bi 0.59), SAC224914 (bi 0.85), Svitlytsia (bi 0.88), Bayraktar (bi 0.92) and DM DINIPRA (bi 0.95) showed a weak response to changes in environmental conditions. The most stable in terms of yield were EHTS 402 (Si² 0.01), Bayraktar (Si² 0.05), SAC224914 (Si² 0.07) and EHTS 416 (Si² 0.07). Varieties that, under favorable weather conditions, are able to provide high yields are Volonterka (bi 1.44), EHTS 416 (bi 1.30), EHTX 114 (bi 1.20). The best adaptive varieties for the conditions of the Forest-Steppe zone in terms of yield, plasticity and stability are the varieties Volonterka (3.45 t/ha, bi 1.44, Si² 0.44), LID Educator (3.65 t/ha, bi 1.14, Si² 0.24), EHTX 114 (3.51 t/ha, bi 1.20, Si² 0.12), EHTS 416 (3.34 t/ha, bi 1.30, Si² 0.07) and P11A67 (3.34 t/ha, bi 1.30, Si² 0.07).

Key words: UIPVE, plasticity, stability, air temperature, precipitation.



Copyright: Михайлик С.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Михайлик С.М.

<https://orcid.org/0000-0001-9981-0545>

Смутьська І.В.

<https://orcid.org/0000-0003-0494-2065>

Сонеч Т.Д.

<https://orcid.org/0000-0002-9603-0452>

Орленко Н.С.

<https://orcid.org/0000-0001-9675-0620>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.358:631.8:631.811.98(477.41/.42)

Особливості росту й розвитку сортів квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) різних груп стиглості за позакореневого підживлення рослинМороз О.В. , Карпук Л.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Мороз О.В., Карпук Л.М. Особливості росту й розвитку сортів квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) різних груп стиглості за позакореневого підживлення рослин. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 162–171.

Moroz O., Karpuk L. Features of growth and development of bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) of different maturity groups under foliar feeding. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 162–171.

Рукопис отримано: 29.09.2025 р.

Прийнято: 14.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-162-171

Метою дослідження було визначити особливості ростових процесів двох сортів квасолі звичайної різних груп стиглості за позакореневого підживлення біопрепаратом в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Об'єктом дослідження слугували процеси росту й розвитку рослин квасолі сортів Апекс (середньоранній) та Буковинка (середньостиглий). Польові досліді проводили у 2024–2025 рр. на дослідній ділянці господарства ТДВ «Терезине» (Білоцерківський район Київської області) на чорноземі опідзоленому середньосуглинковому, характерному для Правобережного Лісостепу.

Встановлено, що позакореневе підживлення біопрепаратом «Органік-Баланс Монофосфор» сприяло прискоренню ростових процесів на початкових етапах онтогенезу, формуванню потужнішої кореневої системи та активнішому наростанню листової поверхні. Це забезпечувало кращу адаптацію рослин до посушливих умов, особливо у 2024 р., коли спостерігався дефіцит опадів і високі температури.

У фазу бутонізації та формування бобів оброблені рослини формували на 11–15 % більше зав'язей порівняно з контролем, що свідчить про кращу реалізацію репродуктивного потенціалу.

Позакореневе внесення біопрепарату позитивно впливало на процеси наливу зерна. Маса 1000 насінин зросла з 374 г (контроль) до 396–416 г залежно від дози підживлення, тобто на 6–11 %. Підвищення маси насіння спостерігали у посушливому році, що підтверджує роль фосфору у підвищенні виповненості насіння за умов гідростресу.

Середня урожайність зерна квасолі у контролі становила 2,57 т/га, тимчасом за внесення біопрепарату 0,5 л/га – 2,75 т/га (+7,1 %), а за 1,0 л/га – 2,89 т/га (+12,3 %). Максимальний ефект спостерігався за дози 1,0 л/га, що підтверджує доцільність її застосування у виробничих умовах.

Ключові слова: квасоля звичайна, сорт Апекс, сорт Буковинка, позакореневе підживлення, фосфорне добриво, урожайність, стійкість до хвороб.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) належить до провідних зернобобових культур світового та національного значення, що поєднує високу продовольчу, кормову та екологічну цінність. Її насіння характеризується збалансованим хімічним складом: у середньому містить 24–28 % білка, 50–60 % вуглеводів, до 2 % жиру, а також

значну кількість заліза, кальцію, магнію, калію, цинку та вітамінів групи В [1, 3]. Завдяки високому вмісту легкозасвоюваного білка квасоля посідає важливе місце у раціонах харчування людини, у системах тваринництва та у біологізації землеробства.

Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* квасоля фіксує до 100 кг N/га атмосферного азоту, збагачую-

чи ґрунт доступними сполуками азоту. Це визначає її ключове значення у підтриманні родючості ґрунту та сталому функціонуванні агроєкосистем. Водночас культура надзвичайно чутлива до абіотичних стресів – дефіциту вологи, порушення мінерального живлення, температурних коливань у період сходів і бутонізації [4].

В умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України спостерігається зниження активності фотосинтетичних процесів, дисбаланс ферментних систем і погіршення умов формування урожаю. За даними С.Й. Оліфіровича [4], у південній частині Лісостепу урожайність сортів квасолі коливається від 1,9 до 2,7 т/га, тимчасом потенціал сучасних сортів перевищує 3,0 т/га. Це свідчить про значні резерви підвищення продуктивності культури завдяки оптимізації живлення й умов росту.

Серед сучасних агротехнічних прийомів підвищення ефективності живлення особливо увагу привертає позакореневе (листяне) підживлення, яке забезпечує швидке надходження елементів живлення безпосередньо до асиміляційного апарату навіть за обмеженої діяльності кореневої системи. За даними M.G. Santos et al. (2004) [7], фоліарне внесення фосфору (0,5 %) під час бутонізації сприяло підвищенню інтенсивності фотосинтезу квасолі на 17 % і збільшенню урожайності на 12 % порівняно з контролем. Аналогічні результати отримано R.N. Gonçalves et al. (2017), які встановили, що листкове внесення фосфатів у фазу V4–R5 покращувало налив насіння та збільшувало масу 1000 насінин з 380 до 420 г.

Значну увагу науковців привертає значення мікроелементів у листовому живленні. С. Rodrigues et al. (2019) [6] показали, що обприскування рослин розчином амоній молібдату (40 г/га) підвищувало активність ферментів азотного обміну, збільшувало кількість бобів на рослині на 14 % і урожайність на 0,24 т/га. У дослідженні A.L. Prado et al. (2023) [20] застосування молібдену (80 г/га) підвищувало вміст білка в насінні на 8,5 %. Позакореневе внесення цинку та заліза також показало високу ефективність: F. Merkeb et al. (2024) [10] відзначили зростання урожайності на 18 % і підвищення вмісту білка з 21,4 до 24,1 %, тимчасом A. Singh et al. (2022) [9] зафіксували збільшення кількості бобів на рослину з 13,2 до 15,6 шт., а маси 1000 насінин – на 6–9 %.

Останніми роками значного поширення набули дослідження біостимуляторів природного походження, які активують обмін

речовин і підвищують стійкість рослин до стресів. S.S. Abu-Muriefah (2013) [11] встановила, що обробка посівів хітозаном (75 мг/л) підвищує фотосинтетичну активність і вміст хлорофілу *b* на 22 %. M.K.A. Rakha et al. (2017) [16] довели, що фоліарне внесення хітозану (100 мг/л) збільшує урожайність на 15 %, а T. Khalifa et al. (2024) [12] – за поєднання листового внесення нанохітозану з органічною мульчею зменшили прояви засолення ґрунту та підвищили урожай зеленої маси квасолі на 28 %.

Не менш перспективним напрямом є використання біорегуляторів (мелатоніну, амінокислот, гуматів), які активують антиоксидантну систему рослин. S.H. Brengi et al. (2025) [13] виявили, що фоліарне внесення мелатоніну (100 μ M) у сорту ‘Giza-6’ підвищує урожайність на 18 %, масу 1000 насінин на 10 %, а також покращує вміст макроелементів у зерні. Комплексний підхід, що поєднує макро- та мікроелементи, демонструє синергійний ефект: за даними J. Niu et al. (2020) [8] та A. Tariq et al. (2017) [19], комбінація P (1,5 кг/га) + Mo (50 г/га) + B (75 г/га) підвищувала урожайність квасолі на 12–15 %, а вміст білка – на 7–8 %.

Вітчизняні дослідження цього напрямку наразі мають епізодичне висвітлення. За результатами О.В. Мороза і Л.М. Карпук [1, 2], застосування біопрепарату «Органік-Баланс Монофосфор» у дозі 1,0 л/га забезпечувало підвищення висоти рослин на 12 %, кількості бобів на 15 %, а урожайності – на 0,32 т/га порівняно з контролем. Ефект був особливо вираженим у посушливому 2024 р., що підтверджує антистресову дію препарату.

Попри накопичення експериментальних даних, комплексних порівнянь сортів квасолі різних груп стиглості під впливом фосфорвмісних біопрепаратів у зоні Правобережного Лісостепу України немає. Більшість досліджень українських авторів зосереджені на густоті стояння, інокуляції насіння чи елементах технології без аналізу взаємодії сорт $\times$ підживлення $\times$ зволоження [4, 22]. Відтак потребують уточнення закономірності росту, розвитку та продуктивності квасолі залежно від генотипу й умов середовища у разі застосування листових підживлень.

З огляду на це, актуальним є проведення польових експериментів з вивчення ефективності фосфорвмісних біопрепаратів, зокрема «Органік-Баланс Монофосфор», на сортах квасолі різних груп стиглості. Отримані результати мають теоретичне значення для розуміння адаптаційних механізмів

мів живлення рослин за стресових умов та практичну цінність для оптимізації технології вирощування квасолі у системах сталого землеробства.

Мета дослідження – виявити особливості росту й розвитку сортів квасолі різних груп стиглості за позакореневого підживлення біопрепаратом «Органік-Баланс Монофосфор», з акцентом на зміни біометричних показників і проходження фенологічних фаз розвитку.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на дослідній ділянці господарства ТДВ «Терезине» Білоцерківського району Київської області. Ділянка розташована в агрокліматичній зоні Правобережного Лісостепу України, що характеризується помірно континентальним кліматом із нестійким зволоженням і частими літніми посухами.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений середньосуглинковий на лесоподібному суглинку, типовий для цієї зони. Вміст гумусу (за Тюрнімом) у шарі 0–30 см становив 3,1–3,3 %, реакція ґрунтового розчину слабкокіслого (рН 6,3–6,5). Середній вміст легкогідролізованого азоту – 84–92 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 150–165 мг/кг, обмінного калію – 95–110 мг/кг ґрунту. Забезпеченість мікроелементами – середня: мідь 2,1 мг/кг, цинк 1,6 мг/кг, марганець 27,3 мг/кг. Щільність складення орного шару – 1,22–1,26 г/см³, що свідчить про добру структурність і аерацію ґрунту.

Перед сівбою ґрунт перебував у задовільному агрофізичному стані. Навесні 2023–2025 рр. проводили культивування на глибину 5–6 см із подальшим боронуванням для збереження вологості. Попередником квасолі була пшениця озима.

Упродовж періоду досліджень спостерігалися істотні річні коливання погодних умов, що дозволило оцінити реакцію сортів квасолі на контрастне зволоження.

2024 рік – був посушливим, із дефіцитом опадів (у червні випало лише 36 мм за норми 82 мм) і високими середньодобовими температурами (до +29,4 °С у липні). Період бутонізації та цвітіння припав на дефіцит вологості, що спричинило тимчасове пригнічення росту рослин. У цей рік проявилася найбільша різниця між контрольними і підживленими варіантами, що дало змогу оцінити антистресову дію фосфорного біопрепарату.

2025 рік – характеризувався помірно-теплим й зволеним літом, з рівномірним розподілом опадів (сума за вегетацію 286 мм) і

середньою температурою +21,8 °С. Такі умови були оптимальними для росту й розвитку рослин, що забезпечило стабільне формування урожаю та якісних показників зерна.

Загалом, погодні умови досліджуваних років репрезентували типову варіацію для Правобережного Лісостепу: від вологого року до посушливого, що дозволило оцінити реакцію сортів і ефективність позакореневого підживлення за контрастних кліматичних сценаріїв.

Схема досліду передбачала вивчення двох чинників:

Фактор А – сорт квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.): використовували сорт Апекс (середньоранній) та сорт Буковинка (середньостиглий). Вони відрізняються генетичним потенціалом продуктивності та тривалістю вегетаційного періоду.

Фактор В – позакореневе підживлення біопрепаратом: застосовували біопрепарат «Органік-Баланс Монофосфор» у двох дозах – 0,5 та 1,0 л/га. Обприскування посівів проводили одноразово у фазу сходів (початок активного росту), забезпечуючи надходження фосфору на початкових етапах розвитку рослин.

Польові спостереження та обліки здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик експериментальної агрономії:

Динаміка росту рослин – за висотою та кількістю міжвузлів через кожні 10 діб до фази повного цвітіння.

Фенологічні спостереження – фіксували дату настання основних фаз: сходів, бутонізації, цвітіння, наливу і досягання зерна.

Біометричні показники генеративної продуктивності – визначали кількість бобів на рослині, кількість насінин, масу насіння з однієї рослини, масу 1000 насінин.

Урожайність зерна – встановлювали методом суцільного збирання облікових ділянок площею 25 м² з наступним перерахунком на 14 % вологості.

Якість зерна – оцінювали за масою 1000 насінин, вмістом білка (метод К'ельдаля).

Статистична обробка результатів виконана методом дисперсійного аналізу з визначенням істотності різниць (НР₀₅) за допомогою Excel.

Результати дослідження та обговорення. За результатами досліджень 2024–2025 рр., проведених на дослідній ділянці ТДВ «Терезине» Білоцерківського району Київської області, встановлено високу ефективність позакореневого підживлення біопрепаратом «Органік-Баланс Монофосфор» для сортів квасолі – Апекс (середньоранній) та

Буковинка (середньостиглий). Дія препарату проявлялася комплексно – через активізацію ростових процесів, посилення фотосинтетичної діяльності, формування генеративних органів, підвищення маси насіння, урожайності та покращення фітосанітарного стану посівів.

На початкових етапах органогенезу (фаза сходів – BVCH 12–14) у варіантах із позакореневим підживленням відмічено прискорення росту рослин і формування більш розвиненої кореневої системи порівняно з контролем (без підживлення). Це свідчить про стимулювальну дію легкодоступного фосфору, який активізує енергетичний обмін, інтенсифікує синтез аденозинтрифосфатних сполук (АТФ) і підсилює формування первинних коренів.

У фазу п'ятого справжнього листка висота рослин становила в середньому 19,4 см у контролі, 22,3 см – за внесення біопрепарату 0,5 л/га і 24,1 см – за 1,0 л/га, тобто приріст сягав 14–24 % (табл. 1). Найбільші відмінності спостерігалися у посушливому 2024 р., коли підвищений температурний режим (середня температура липня – +24,3 °C) та дефіцит опадів (коефіцієнт зволоження 0,61) обмежували ріст контрольних рослин. У підживлених варіантах зберігався тургор листків, активна фотосинтетична діяльність і рівномірне наростання листової поверхні.

У фазу бутонізації (BVCH 51–59) висота рослин на оброблених ділянках перевищувала контроль у середньому на 8–12 см, що вказує на стимулювальний вплив фосфору на інтенсивність фотосинтезу та лінійний ріст пагонів. Подібні тенденції спостерігали й інші дослідники: за даними M.G. Santos et al. (2004), листове внесення фосфору у концентрації 0,5 % підвищувало інтенсивність фото-

синтезу квасолі на 17 % і сприяло зростанню біомаси пагонів.

Отже, позакореневе підживлення забезпечувало формування більш потужного листового апарату та вищу фотосинтетичну продуктивність, що створювало сприятливі передумови для подальшого підвищення урожайності. Візуально оброблені рослини характеризувалися темнішою зеленою пігментацією листків, більшою кількістю генеративних вузлів і коротшими міжвузлями, що свідчить про збалансований ріст і гармонійний розвиток вегетативних та репродуктивних органів.

У фазу бутонізації та утворення бобів дія препарату проявилася через покращення генеративної діяльності рослин. Порівняно з контролем кількість зав'язей і бобів на одній рослині збільшувалася на 11–15 %, причому максимальний ефект спостерігався за дози 1,0 л/га. Таке зростання пов'язане з посиленням метаболічної активності й енергетичного обміну під впливом фосфору, який бере участь у синтезі нуклеїнових кислот, білків і фітогормонів, що регулюють процеси цвітіння та зав'язування бобів.

Підживлення сприяло більш повній реалізації потенціалу цвітіння – кількість квіток, які трансформувалися у плоди, зростала, тимчасом осипання зав'язей зменшувалося. Найбільш виражена різниця між контрольними і підживленими варіантами спостерігалася у посушливому 2024 р., коли погодні умови негативно вплинули на запліднення квіток і формування бобів. У цих умовах оброблені рослини зберігали більшу кількість активних генеративних органів, що свідчить про антистресову дію біопрепарату.

Таблиця 1 – Динаміка росту рослин квасолі залежно від дози біопрепарату «Органік-Баланс Монофосфор» (середнє за 2024–2025 рр.)

Фаза розвитку	Варіант досліджу	Висота рослин, см	Приріст до контролю, %
Сходи (BVCH 10–12)	Контроль (0 л/га)	9,5	–
	0,5 л/га	10,8	+13,7
	1,0 л/га	11,6	+22,1
Бутонізація (BVCH 50)	Контроль	32,4	–
	0,5 л/га	36,2	+11,7
	1,0 л/га	38,8	+19,8
Цвітіння (BVCH 60–65)	Контроль	41,5	–
	0,5 л/га	45,3	+9,2
	1,0 л/га	47,0	+13,3

Серед досліджуваних сортів вищою реакцією на застосування «Органік-Баланс Монофосфору» вирізнявся сорт Апекс, який формував у середньому на 0,8–1,0 боба більше на рослину, ніж сорт Буковинка. Це пояснюється біологічними особливостями сорту – коротшим вегетаційним періодом і швидшою реакцією на надходження доступних елементів живлення у критичні фази розвитку. Натомість сорт Буковинка, який має дещо подовжену вегетацію, виявив вищу чутливість до дефіциту вологи, що частково знижувало ефективність підживлення у роки з посушливими умовами.

Отже, позакореневе підживлення фосфоромісним біопрепаратом «Органік-Баланс Монофосфор» забезпечувало не лише інтенсифікацію ростових процесів, а й покращення генеративної продуктивності рослин, сприяючи зростанню кількості зав'язей, формуванню більшої кількості бобів та підвищенню потенційної урожайності посівів (рис. 1).

У 2024 р., коли середньомісячна кількість опадів у червні становила лише 36 мм за кліматичної норми 82 мм, проявилася чітка різниця у реакції сортів на дію стресового чинника. Середньоранній сорт Апекс зберігав більшу кількість сформованих бобів – у середньому 14,2 шт. на рослину, тимчасом у сорту Буковинка цей показник становив лише 12,1 шт., що свідчить про вищу посухостійкість і кращу адаптаційну здатність генотипу ранньої групи стиглості. Отже, фосфорне підживлення сприяло не лише стимуляції цвітіння, а й зменшувало обсіпання квіток і зав'язей, підвищуючи коефіцієнт реалізації

квіток у боби, що має безпосередній вплив на кінцеву продуктивність рослин.

Розвиток генеративних органів безпосередньо позначався на формуванні маси насіння – одного з головних показників урожайності. У фазу наливу зерна (ВВСН 71–75) зафіксовано істотне підвищення маси 1000 насінин у варіантах із позакореневим внесенням біопрепарату: 396 г – за дози 0,5 л/га, 416 г – за дози 1,0 л/га, порівняно з 374 г у контролі.

Отже, приріст маси 1000 насінин становив 6–11 %, що свідчить про ефективне забезпечення рослин фосфором у період формування та наливу зерна (рис. 2). Збільшення маси насіння відбувалося завдяки активнішому фотосинтезу, підвищеній інтенсивності транспорту асимілянтів до генеративних органів та зменшенню частки недорозвиненого насіння.

У посушливому 2024 р., коли водозабезпечення рослин було обмеженим, у варіантах із позакореневим підживленням маса 1000 насінин зросла до 445–450 г, що свідчить про виражену антистресову роль фосфору у підтриманні процесів наливу та виповненості зерна. Завдяки активізації обміну речовин і покращенню транспорту асимілянтів від листків до насіння зменшувалася частка шуплого зерна, а сформоване насіння вирізнялося більшою виповненістю, вирівняністю та блиском оболонки. Збільшення розміру насіння сприяло підвищенню маси насіння з однієї рослини та покращенню кондиційності зерна після післязбиральної доробки, що має важливе практичне значення для формування товарної якості продукції.

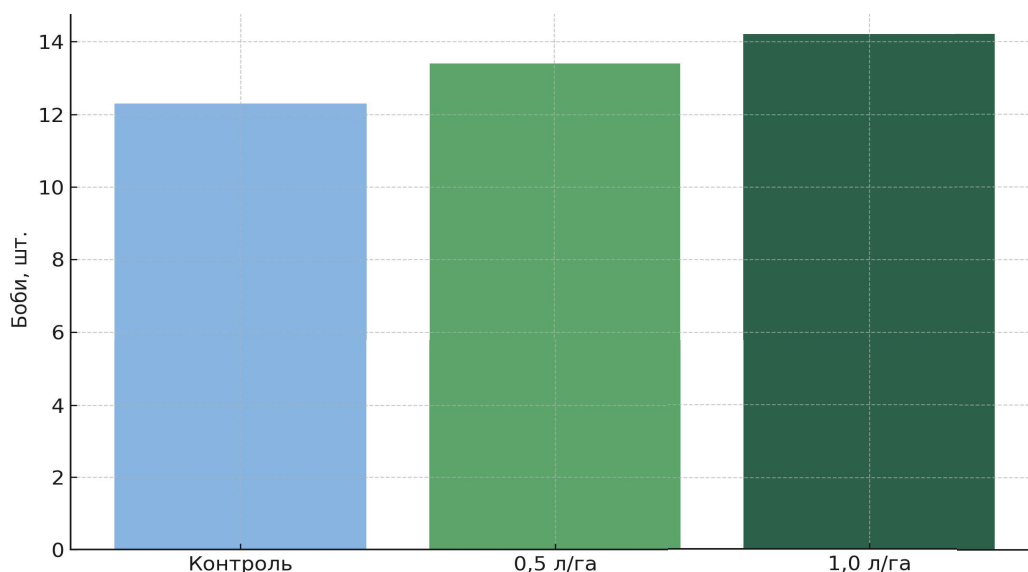


Рис. 1. Зміна кількості бобів на рослину залежно від позакореневого підживлення (середнє за 2024–2025 рр.).

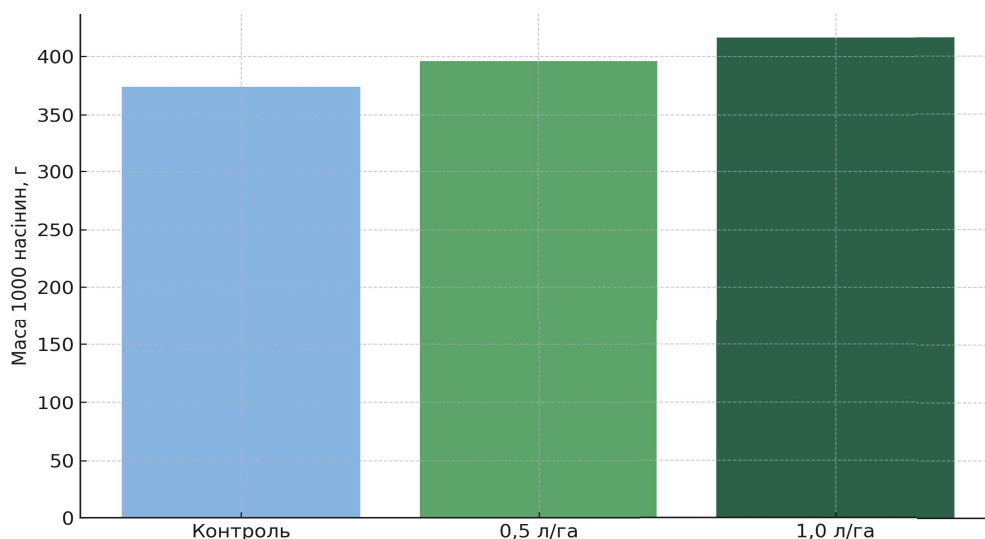


Рис. 2. Маса 1000 насінин залежно від позакореневого підживлення (середнє за 2024–2025 рр.).

Фінальним показником ефективності підживлення є урожайність зерна, яка комплексно відображає сукупність морфогенетичних і фізіолого-біохімічних процесів, активізованих у рослинах під впливом фосфорного живлення. Середня врожайність за роки досліджень у контрольному варіанті становила 2,57 т/га, тимчасом за внесення біопрепарату у дозі 0,5 л/га – 2,75 т/га (+7,1 %), а за 1,0 л/га – 2,89 т/га (+12,3 %) (рис. 3).

За результатами досліджень дії біопрепарату відмічено, що підживлені рослини зберігали функціональну активність лист-

кового апарату до завершення вегетації, що забезпечувало подовження періоду фотосинтетичної діяльності та більш повне формування генеративних органів. Сорт Апекс виявив вищу чутливість й реакцію на агрозахід, тимчасом сорт Буковинка демонстрував стабільну, але дещо нижчу врожайність (у середньому близько 2,5 т/га). Це свідчить, що генотипова специфічність сорту є ключовим чинником реалізації ефекту позакореневого підживлення і має враховуватися під час розроблення сортових технологій вирощування.

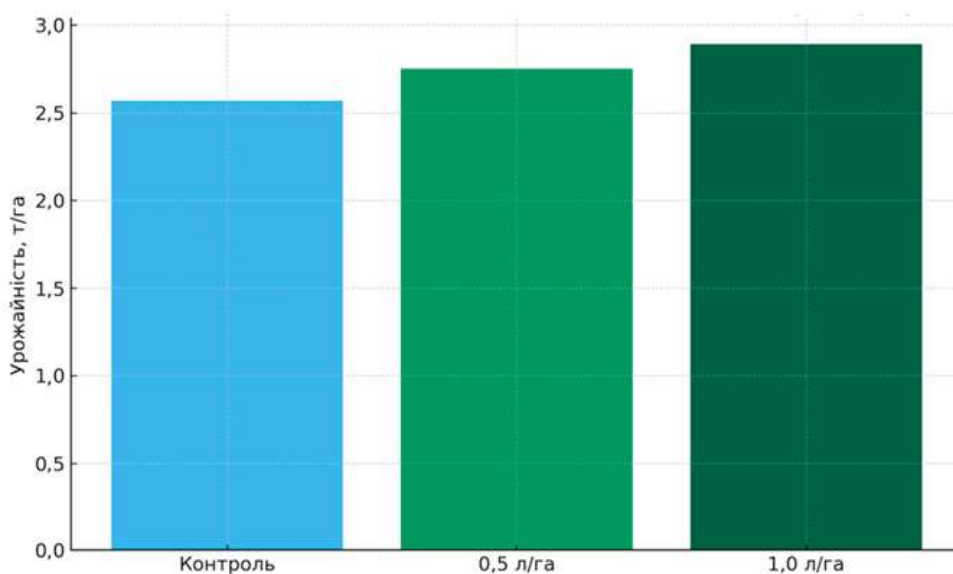


Рис. 3. Урожайність квасолі залежно від позакореневого підживлення (середнє за 2024–2025 рр.).

Окрім зростання продуктивності, підживлення позитивно впливало на фітосанітарний стан посівів. У варіантах із максимальною дозою біопрепарату 1,0 л/га рівень ураження рослин антракнозом зменшився на 32 %, а бактеріальною плямистістю – на 28 % порівняно з контролем. Зниження інфекційного навантаження відбувалося завдяки покращенню фізіологічного стану рослин, формуванню міцнішої кутикули, що ускладнює проникнення патогенів, та активізації антиоксидантної системи – зокрема ферментів каталази та пероксидази, які зменшують окислювальний стрес і стабілізують клітинні мембрани.

Завдяки цьому спостерігалось підвищення виходу здорового зерна, а також покращення його якісних характеристик – зростання вмісту білка та маси 1000 насінин. Такі зміни свідчать про комплексну біостимулювальну дію фосфорного підживлення, яке одночасно підсилює метаболічні процеси і захисні механізми рослин.

Узагальнення результатів показало, що позакореневе підживлення фосфорним біопрепаратом є ефективним інструментом підвищення адаптивності квасолі до стресових умов вирощування. Комплексна дія препарату «Органік-Баланс Монофосфор» проявляється у стимуляції ростових процесів, інтенсифікації фотосинтезу, покращенні генеративної активності, збільшенні маси насіння та врожайності, а також у зниженні рівня ураження основними хворобами.

Найвищу результативність забезпечувала доза 1,0 л/га, особливо у роки з дефіцитом вологи, коли препарат справляє виражений антистресовий ефект. Отримані дані узгоджуються з результатами інших авторів [5, 6, 10], які зазначають, що фоліарне внесення фосфору активізує енергетичний метаболізм, підвищує ферментативну активність і стійкість бобових культур до абіотичних чинників.

Отже, застосування біопрепарату «Органік-Баланс Монофосфор» можна рекомендувати як екологічно безпечний, ресурсозберігаючий та технологічно доцільний елемент сучасної системи вирощування квасолі у зоні Правобережного Лісостепу України.

Висновки. Позакореневе підживлення квасолі біопрепаратом «Органік-Баланс Монофосфор» на ранніх етапах розвитку прискорює ріст рослин і формування потужнішої кореневої системи, що підвищує посухостійкість і загальну адаптивність рослин.

Обробка фосфорним біопрепаратом у фазу сходів забезпечує підвищення генера-

тивної продуктивності: кількість зав'язей (бобів) на рослині збільшується на 11–15 %, маса 1000 насінин – на 6–11 %, що позитивно позначається на реалізації урожайного потенціалу.

Застосування позакореневого підживлення підвищує врожайність зерна квасолі в середньому на 7–12 % залежно від дози препарату. Максимальний приріст урожайності (+12,3 %) забезпечує доза 1,0 л/га, особливо в умовах посушливого року.

Обробка біопрепаратом «Органік-Баланс Монофосфор» покращує стійкість квасолі до хвороб: спостерігається зниження ураження антракнозом та бактеріальною плямистістю на 28–32 %, що сприяє отриманню якіснішого посівного та продовольчого зерна.

Використання позакореневого підживлення легкозасвоюваним фосфором є дієвим агротехнічним заходом для підвищення ефективності вирощування квасолі в умовах Лісостепу України, про що свідчить комплексне покращення росту, розвитку, продуктивності та стійкості рослин за даними 2024–2025 рр.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мороз О.В., Карпук Л.М., Філіпова Л.М. Формування урожайності сортів квасолі різних груп стиглості за позакореневого підживлення рослин. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту». Біла Церква, БНАУ, 2023. С. 31–33.
2. Мороз О.В., Карпук Л.М. Ефективність позакореневого підживлення квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) біопрепаратами. Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин: матеріали І міжнародної науково-практичної конференції. Біла Церква, 2025. С. 44–46.
3. Begum A. Morphological and reproductive attributes in French beans (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by sowing time and fertilizer treatments. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2003. 6(22). P. 1902–1906.
4. Оліфірович С.Й. Індивідуальна продуктивність рослин та врожайність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) в умовах південної частини Лісостепу Західного. Вісник аграрної науки. 2022. № 11(836). С. 25–31.
5. Can foliar application of natural biostimulants reduce nitrate and fiber content in fresh green bean under soil nutrient deficiency? / Z.F. Fawzy et al. Bulletin of the National Research Centre. 2021. 45. 16 p.
6. Foliar application of molybdenum in common bean: Enzymatic activity and yield benefit / C. Rodrigues et al. Journal of Plant Nutrition. 2019. 42(10). P. 1193–1204.
7. Santos M.G., Ribeiro R.V., Oliveira R.F., Pimentel C. Gas exchange and yield response to foliar

phosphorus application in *Phaseolus vulgaris* L. under drought. Brazilian Journal of Plant Physiology. 2004. 16(3). P. 171–179.

8. x Effects of Foliar Fertilization: A Review of Current Status and Future Perspectives / C. Rodrigues et al. Journal of Soil and Plant Nutrition. 2020. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00346-3>

9. Effect of foliar application of zinc and iron on seed yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*) / A. Singh et al. URL: https://www.researchgate.net/publication/369050215_Effect_of_Foliar_Application_of_Zinc_and_Iron_on_Seed_Yield_and_Yield_Components_of_Common_Bean_Phaseolus_vulgaris

10. Can foliar application of natural biostimulants reduce nitrate and fiber content in fresh green bean under soil nutrient deficiency? / Z.F. Fawzy et al. Bulletin of the National Research Centre. 2021. Vol. 45. 16 p.

11. Foliar phosphate fertilization improves seed weight and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) / R.N. Gonçalves et al. Brazilian Agricultural Research. 2017. Vol. 52. No 4. P. 289–296.

12. Abu-Muriefah S.S. Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under water stress conditions. International Research Journal. 2013. <https://www.interestjournals.org/articles/effect-of-chitosan-on-common-bean-phaseolus-vulgaris-l-plants-grown-under-water-stress-conditions.pdf>

13. Investigating the influence of eco-friendly approaches (organic mulches + foliar nano-chitosan) on saline soils and common bean productivity / T. Khalifa et al. Environmental Science and Pollution Research. 2024. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39221268/>

14. Enhancing the growth and yield of the common bean under foliar application and magnesium levels / S.H. Brengi et al. URL: <https://bmcpplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-025-07088-3>

15. Foliar phosphorus supply and CO₂ assimilation in common bean under water deficit / M.G. Santos et al. URL: https://www.researchgate.net/publication/250024230_Foliar_phosphorus_supply_and_CO2_assimilation_in_common_bean_Phaseolus_vulgaris_L_under_water_deficit

16. Molybdenum foliar fertilization improves photosynthetic metabolism and grain yields of field-grown soybean and maize / S.L. Oliveira et al. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.887682/full>

17. Split applications of molybdenum fertilizer on common bean: agronomic and seed biofortification effects / A.L. Prado et al. Agronomy Journal. 2023. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/agj2.21232>

18. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to foliar spray of chitosan and citric acid /

M.K.A. Rakha et al. Current Science International. 2017. Vol. 6. Issue 4. P. 920–929.

19. Foliar application of molybdenum in common bean: enzymatic activity and yield benefit / C. Rodrigues et al. Journal of Plant Nutrition. 2019. Vol. 42. No 10. P. 1193–1204.

20. Optimization of plant density and fertilizer application to maximize common bean yield / P.M. Zamukulu et al. Heliyon. 2023. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023045012>

21. Growth and yield responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to N-P-S-B blended fertilizer rates / G. Jaleta et al. Agricultural & Environmental Letters (AGG2). 2025. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agg2.70064>

22. El-Shabasy S.A., Khalifa T.H., El-Zehery T.M., Omara A.E.-D. Impact of Coated Phosphorus Fertilizers and Application Methods on Soil Fertility, Yield, and Ionic Regulation of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown in Saline Soil. Crops. 2025. 5(5). 68 p. DOI: 10.3390/crops5050068.

REFERENCES

1. Moroz, O.V., Karpuk, L.M., Filipova, L.M. (2023). Formuvannya urozhajnosti sortiv kvasoli riznyh grup styglosti za pozakorenevo pidzhyvlennja roslyn [Formation of yield in common bean varieties of different maturity groups under foliar fertilization]. Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferencii «Agrarna osvita ta nauka: dosjagnennja, rol, faktory rostu» [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Agrarian Education and Science: Achievements, Role, Growth Factors”]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 31–33.

2. Moroz, O.V., Karpuk, L.M. (2025). Efektyvnist' pozakorenevo pidzhyvlennja kvasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) biopreparatamy [Efficiency of foliar application of biopreparations in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)]. Resursozberigajuchi tehnologii' vyroshhuvannja kul'turnyh roslyn: materialy I mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferencii [Resource-Saving Technologies for Cultivation of Agricultural Crops: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference]. Bila Tserkva, pp. 44–46.

3. Begum, A. (2003). Morphological and reproductive attributes in French beans (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by sowing time and fertilizer treatments. Pakistan Journal of Biological Sciences. no. 6(22), pp. 1902–1906.

4. Olifirovych, S.Y. (2022). Indyvidual'na produktyvnist' roslyn ta vrozhajnist' kvasoli zvyčajnoi' (*Phaseolus vulgaris* L.) v umovah pivdennoi' chastynty Lisostepu Zahidnogo [Individual productivity of plants and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the southern part of the Western Forest-Steppe]. Visnyk agrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 11(836), pp. 25–31.

5. Fawzy, Z.F., El-Ramady, H., Azab, M.A. (2021). Can foliar application of natural biostimulants reduce nitrate and fiber content in fresh green bean under soil nutrient deficiency? Bulletin of the National Research Centre. no. 45. 16 p.
6. Rodrigues, C., Moda-Cirino, V., Dourado-Neto, D. (2019). Foliar application of molybdenum in common bean: Enzymatic activity and yield benefit. Journal of Plant Nutrition. no. 42(10), pp. 1193–1204.
7. Santos, M.G., Ribeiro, R.V., Oliveira, R.F., Pimentel, C. (2004). Gas exchange and yield response to foliar phosphorus application in *Phaseolus vulgaris* L. under drought. Brazilian Journal of Plant Physiology. no. 16(3), pp. 171–179.
8. Niu, J. (2020). Effects of Foliar Fertilization: A Review of Current Status and Future Perspectives. Journal of Soil and Plant Nutrition. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00346-3>
9. Singh A. Effect of foliar application of zinc and iron on seed yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Available at: https://www.researchgate.net/publication/369050215_Effect_of_Foliar_Application_of_Zinc_and_Iron_on_Seed_Yield_and_Yield_Components_of_Common_Bean_Phaseolus_vulgaris
10. Fawzy, Z.F., El-Ramady, H., Azab, M.A. (2021). Can foliar application of natural biostimulants reduce nitrate and fiber content in fresh green bean under soil nutrient deficiency? Bulletin of the National Research Centre. Vol. 45, 16 p.
11. Gonçalves, R.N. (2017). Foliar phosphate fertilization improves seed weight and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Brazilian Agricultural Research. Vol. 52, no. 4, pp. 289–296.
12. Abu-Muriefah, S.S. (2013). Effect of chitosan on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown under water stress conditions. International Research Journal. Available at: <https://www.interest-journals.org/articles/effect-of-chitosan-on-common-bean-phaseolus-vulgaris-l-plants-grown-under-water-stress-conditions.pdf>
13. Khalifa, T. (2024). Investigating the influence of eco-friendly approaches (organic mulches + foliar nano-chitosan) on saline soils and common bean productivity. Environmental Science and Pollution Research. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39221268/>
14. Brengi, S.H. Enhancing the growth and yield of the common bean under foliar application and magnesium levels. Available at: <https://bmcpantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-025-07088-3>
15. Santos, M.G. Foliar phosphorus supply and CO₂ assimilation in common bean under water deficit. Available at: https://www.researchgate.net/publication/250024230_Foliar_phosphorus_supply_and_CO2_assimilation_in_common_bean_Phaseolus_vulgaris_L_under_water_deficit
16. Oliveira, S.L. (2022). Molybdenum foliar fertilization improves photosynthetic metabolism and grain yields of field-grown soybean and maize. Frontiers in Plant Science. Vol. 13. Available at: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.887682/full>
17. Prado, A.L. (2023). Split applications of molybdenum fertilizer on common bean: agronomic and seed biofortification effects. Agronomy Journal. Available at: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/agj2.21232>
18. Rakha, M.K.A. (2017). Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to foliar spray of chitosan and citric acid. Current Science International. Vol. 6, Issue 4, pp. 920–929.
19. Rodrigues, C., Moda-Cirino, V., Dourado-Neto, D. (2019). Foliar application of molybdenum in common bean: enzymatic activity and yield benefit. Journal of Plant Nutrition. Vol. 42, no. 10, pp. 1193–1204.
20. Zamukulu, P.M. (2023). Optimization of plant density and fertilizer application to maximize common bean yield. Heliyon. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023045012>
21. Jaleta, G. (2025). Growth and yield responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to N-P-S-B blended fertilizer rates. Agricultural & Environmental Letters (AGG2). Available at: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agg2.70064>
22. El-Shabasy, S.A., Khalifa, T.H., El-Zehery, T.M., Omara, A.E.-D. (2025). Impact of Coated Phosphorus Fertilizers and Application Methods on Soil Fertility, Yield, and Ionic Regulation of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown in Saline Soil. Crops. no. 5(5), 68 p. DOI: 10.3390/crops5050068.

Features of growth and development of bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) of different maturity groups under foliar feeding

Moroz O., Karpuk L.

The aim of the study was to determine the features of growth processes of two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties of different maturity groups under foliar feeding with a phosphorus-containing biopreparation in the conditions of unstable moisture of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The research focused on the growth and development processes of two varieties: Apex (medium-early) and Bukovynka (medium-maturing). Field experiments were conducted in 2024–2025 on the experimental plot of the Terezyne Agricultural Enterprise (Bila Tserkva district, Kyiv region) on medium loamy podzolic chernozem typical of the Right Bank Forest-Steppe.

It was determined that foliar application of the phosphorus-based biopreparation «Organic Balance Monophosphorus» stimulated growth processes at

early stages of ontogenesis, promoted the formation of a stronger root system and more active leaf surface growth. This contributed to better adaptation of plants to drought conditions, especially in 2024, when there was a shortage of precipitation and high temperatures. During the budding and pod formation stages the treated plants produced 11–15 % more ovaries compared to the control, indicating better reproductive potential.

Foliar application of the biopreparation also had a positive effect on the grain-filling process. The weight of 1,000 seeds increased from 374 g (control) to 396–416 g, depending on the fertilizer dose, i.e.,

by 6–11 %. An increase in seed weight was observed in a dry year, confirming the role of phosphorus in increasing seed fullness under conditions of water stress.

The average yield of common bean grain in the control variant was 2.57 t/ha, whereas application of 0.5 l/ha increased yield to 2.75 t/ha (+7.1 %), and 1.0 l/ha to 2.89 t/ha (+12.3 %). The maximum effect was observed at the 1.0 l/ha rate, confirming the feasibility of its use in production conditions.

Key words: common bean, Apex variety, Bukovinka variety, foliar feeding, phosphorus fertilizer, yield, disease resistance.



Copyright: Мопоз О.В., Карпук Л.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Мопоз О.В.

Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0009-0001-3954-0536>

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.63:631.52

**Створення та добір батьківських компонентів
у селекції одноросткових гібридів буряків кормових
на стерильній основі****Парфенюк О.О.** , **Труш С.Г.** *Дослідна станція тютюництва ННЦ «Інститут землеробства НААН»*

E-mail: Парфенюк О.О. E-mail: oksana_parfenyuk@ukr.net



Парфенюк О.О., Труш С.Г. Створення та добір батьківських компонентів у селекції одноросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 172–179.

Parfeniuk O., Trush S. Creation and selection of parental components in selection of single-sprout fodder beet hybrids on a sterile basis. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 172–179.

Рукопис отримано: 03.07.2025 р.

Прийнято: 18.07.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-172-179

Метою дослідження було створення комбінаційно-здатних батьківських компонентів та встановлення критеріїв їх добору в селекції одноросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі. Установлено, що для отримання високопродуктивних одноросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі компоненти схрещування мають характеризуватися, окрім високого гібридизаційного потенціалу, підвищеним рівнем базової продуктивності відповідно до їх генетичної структури та особливостей успадкування контрольованих ознак. Урожайність коренеплодів одноросткових ЦЧС ліній має бути в межах 90–95 %, вміст сухої речовини – 100–105 % до показників кращих багаторосткових сортів-стандартів буряків кормових. Рівень стерильності пилку рослин ЦЧС ліній має становити 95–99 %, одноростковість насіння 97–100 %. Багаторосткові запилювачі буряків кормових мають перевищувати сорт-стандарт за врожайністю коренеплодів на 5–10 %, а за вмістом сухої речовини бути на рівні з ним. Найбільш високопродуктивні експериментальні одноросткові гібриди буряків кормових КБО 231/8, КБО 218/4, КБО 220/7, КБО 261/5, КБО 215/9 створено за використання ЦЧС ліній БК ЦЧС 39/17, БК ЦЧС 27/14, БК ЦЧС 17/22 і багаторосткових запилювачів БКЗ-133/8, БКЗ-156/9, БКЗ-141/46. Ці гібриди переважали стандарт за врожайністю коренеплодів на 3,4–5,1 %, вмістом та збором сухої речовини – на 1,4–4,2 % і 5,0–9,1 %, відповідно. Вони є придатними для вирощування за інтенсивними технологіями без затрат ручної праці. За результатами сортовипробування виділено п'ять комбінаційно-здатних ліній О-типу та їх аналоги з ЦЧС і шість комбінаційно-здатних багаторосткових запилювачів буряків кормових підвищеного рівня базової продуктивності. Установлено критерії добору батьківських компонентів за комплексом селекційно-генетичних і господарсько цінних ознак та створено п'ять високопродуктивних одноросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі, що перевищують багаторостковий стандарт за збором сухої речовини на 5–10 %.

Ключові слова: буряки кормові, вихідний матеріал, інбридинг, гетерозис, гібрид, урожайність, вміст сухої речовини.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Інтенсифікація розвитку сільського господарства та зміна клімату потребують розроблення адаптивних технологій вирощування буряків кормових та широкого впровадження високопродуктивних гібридів на стерильній основі у виробництво [1].

Одним з найперспективніших способів вирішення цього завдання є розвиток нових напрямів селекції та систем насінництва буряків кормових, зокрема створення одноросткових гібридів на стерильній основі, що поєднують у собі високу продуктивність, підвищену стійкість до негативного впливу

чинників навколишнього середовища та придатність до інтенсивних технологій вирощування без затрат ручної праці [2, 3].

Нині у виробничих посівах переважають багаторосткові сорти буряків кормових, вирощування яких неможливе без затрат ручної праці. Тому, питання створення одностросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі з генетично обумовленими високою врожайністю коренеплодів, підвищеним вмістом сухої речовини, вуглеводів і мінеральних солей, стійкістю до негативного впливу біотичних і абіотичних чинників довкілля є досить актуальним [4, 5].

Вирішення цього завдання потребує постійного збагачення генофонду культури та розширення меж її генетичної мінливості. Тому, важливим напрямом практичної селекції буряків кормових є поповнення колекції вихідного матеріалу та формування банку генів практично-значимих кількісних і якісних селекційно-генетичних ознак [5].

Створення високопродуктивних одностросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі пов'язане зі складним селекційним процесом, що потребує вивчення закономірностей успадкування найбільш важливих селекційно-генетичних і господарсько цінних ознак, їх кореляції та прояву мінливості [6, 7]. Успіх цієї роботи, насамперед, обумовлений наявністю різноманіття комбінаційно-здатних ліній-закріплювачів стерильності (О-типів), їх ЦЧС аналогів і багаторосткових запилювачів, як батьківських компонентів майбутніх гібридів [8].

Селекція буряків кормових на гетерозис потребує створення, оцінки та добору компонентів схрещування лінійного рівня, що є запорукою стабільного відтворення гібридних комбінацій за продуктивними властивостями та збереження однорідності рослин за біоморфологічними ознаками. Основним методом створення лінійних матеріалів буряків кормових є інбридинг, який дозволяє провести диференціацію складної перехреснозапильної популяції на окремі її складові та виділити в гомозиготному стані багато відмінних одна від одної ліній, а також цінні селекційні ознаки, що мають рецесивну природу. Інбридинг є важливим формоутворювальним чинником, який дозволяє розкласти популяції на низку ботанічних форм [9, 10].

Нині необхідні ефективні наукові рішення, які дозволять максимально використовувати ефект контрольованого гетерозису за проявом найбільш важливих господарсько цінних ознак [11]. Тому, особливо актуаль-

ними питаннями селекції є створення генетичного різноманіття рослин підвиду *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *crassa*, виділення донорів цінних селекційних ознак та створення на їх основі нового вихідного матеріалу для формування комбінаційно-цінних батьківських компонентів одностросткових гібридів буряків кормових [12–14].

Створення ліній багаторосткових запилювачів, встановлення критеріїв їх добору за базовою продуктивністю, комбінаційною та репродуктивною здатністю на різних етапах селекційного процесу є важливими чинниками подальшого підвищення продуктивного потенціалу гібридів буряків кормових. Ефективність цієї роботи значною мірою забезпечується генетичною цінністю вихідного матеріалу, його різноманіттям та мірою вивчення генетичної детермінації господарсько цінних ознак і закономірностей їх успадкування [15]. Генетичний внесок батьківських компонентів схрещування в гібриди знаходиться в прямій залежності від рівня власної продуктивності кожного та їх взаємодії в процесі схрещування [16].

За цих умов особливо важливого значення набуває питання формування та селекційного підтримування продуктивного і гібридизаційного потенціалу батьківських компонентів гібридів на стерильній основі. Окрім високих показників комбінаційної здатності, базової продуктивності, рівня стерильності та фертильності пилку, одностростковості та багаторостковості насіння компонентів гібридизації в буряків кормових необхідним також є постійний контроль таких важливих селекційних ознак як форма і забарвлення коренеплоду, рівень його заглиблення в ґрунт, архітектоніка листового апарату тощо [17, 18].

Тому, з огляду на актуальність питання селекційного вдосконалення генотипів рослин буряків кормових, нині необхідні ефективні рішення з розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу буряків кормових для створення комбінаційно-здатних ліній батьківських компонентів та формування одностросткових гібридів на стерильній основі з високим проявом ефекту гетерозису за ознаками продуктивності.

Метою дослідження було створення комбінаційно-здатних батьківських компонентів та встановлення критеріїв їх добору в селекції одностросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на Дослідній станції тютюництва ННЦ «ІЗ НААН» впродовж

2020–2024 рр. (Черкаська обл., м. Умань). Вихідним матеріалом для створення батьківських компонентів гібридів буряків кормових на стерильній основі слугували рекомбінантні матеріали, отримані методом гібридизації зарубіжних і вітчизняних одноросткових зразків буряків з бажаним проявом відповідних ознак (форма коренеплоду, рівень його заглиблення в ґрунт, висока врожайність, низький вміст сухої речовини, стійкість до ураження хворобами) і високопродуктивні багаторосткові сорти буряків кормових власної селекції з білим забарвленням шкірки коренеплоду.

Створення лінійних матеріалів буряків кормових здійснено з використанням методу інбридингу. Аналізуючі схрещування проведено під парними бязевими ізоляторами. Сортовипробування селекційних зразків виконано за методикою, розробленою науковцями ІБК і ЦБ НААН [19]. Повторність досліду триразова, площа облікової ділянки 10,8 м². Розміщення ділянок – рендомізоване. За стандарт використано багаторостковий сорт буряків кормових Славія. Статистичну обробку отриманих резуль-

татів досліджень проведено за методикою В.О. Єщенка [20].

Результати дослідження та обговорення. На основі рекомбінантних матеріалів створено одноросткові лінії запилювачів-закріплювачів стерильності (О-типи) буряків кормових та їх стерильні аналоги з відносно низьким вмістом сухої речовини, овально-конічною формою коренеплоду і неповним його заглибленням в ґрунт. Дві останні ознаки слугували маркерами під час добору селекційно-цінних вихідних форм буряків.

За результатами оцінки закріплюючої здатності 305 одноросткових ліній буряків кормових, кандидатів у запилювачі О-типу, які за параметрами форми коренеплоду відповідали перерахованим вище вимогам, відібрано 19 ліній О-типу з високим проявом цієї ознаки. Стерильність пилку і одноростковість насіння їх аналогів з ЦЧС була в межах 95–99 % та 96–100 %, відповідно (табл. 1).

Установлено, що частота стрічання запилювачів буряків кормових з генотипом рослин Nxxxz в одноросткових рекомбінантних матеріалах різного генетичного походження варіювала в межах 3,6–8,2 % (табл. 2).

Таблиця 1 – Рівень стерильності пилку та одноростковості насіння ЦЧС аналогів кращих ліній О-типу буряків кормових, 2020–2022 рр.

Селекційний номер	Обстежено рослин, шт.	Стерильність пилку, %			Одноростковість насіння, %
		I тип	II тип	Ф	
БК ЦЧС 24/5	71	97,4	2,6	0	100
БК ЦЧС 17/9	75	95,2	4,8	0	96,4
БК ЦЧС 65/7	64	98,8	1,2	0	98,8
БК ЦЧС 16/1	69	96,7	3,3	0	98,9
БК ЦЧС 97/3	74	96,4	3,6	0	99,8
БК ЦЧС 45/4	68	97,6	2,4	0	100
БК ЦЧС 78/2	69	95,2	4,8	0	98,8
БК ЦЧС 15/6	75	98,0	2,0	0	100
БК ЦЧС 28/10	70	97,8	2,2	0	99,4
БК ЦЧС 35/14	74	97,7	2,3	0	98,3
БК ЦЧС 19/11	70	96,9	3,1	0	99,4
БК ЦЧС 48/32	66	97,5	2,5	0	100
БК ЦЧС 41/7	68	97,6	2,4	0	100
БК ЦЧС 10/3	61	99,2	0,8	0	100
БК ЦЧС 35/9	71	97,5	2,5	0	99,2
БК ЦЧС 18/9	73	97,1	2,9	0	99,1
БК ЦЧС 81/17	68	96,4	3,6	0	100
БК ЦЧС 53/9	64	97,5	2,5	0	100
БК ЦЧС 29/7	69	98,4	1,6	0	100

Таблиця 2 – Частота стрічання запилювачів-закріплювачів стерильності (О-типів) в одноросткових рекомбінантних матеріалах буряків кормових, 2020–2022 рр.

Племінне позначення гібридної популяції	Кількість аналізуючих схрещувань, шт.	Обстежено рослин, шт.	Відібрано ліній запилювачів О-типу	
			шт.	%
УКБО-2/7	64	4544	4	6,3
УКБО-9/18	59	4425	3	5,1
УКБО-6/21	61	4026	5	8,2
УКБО-3/17	55	4112	2	3,6
УКБО-5/24	66	4632	5	7,6
Середнє	61	4347	3,8	6,2

Досвід свідчить, що імовірність отримання високопродуктивних гібридів буряків кормових більша, коли компоненти схрещування характеризуються високим базовим рівнем урожайності коренеплодів і вмісту сухої речовини. В зв'язку з цим в селекційній практиці дуже важливо враховувати базовий рівень їх продуктивності, оскільки навіть маючи в розпорядженні лінії з виключно високим гібридизаційним потенціалом далеко не завжди вдається отримати гетерозисні гібриди з продуктивністю на рівні та вище районованих багаторосткових сортів буряків кормових.

Оцінка базової продуктивності одноросткових ЦЧС ліній буряків кормових уманської селекції свідчить, що більшість з них характеризуються врожайністю коренеплодів на рівні 80,5–91,5 % та вмістом сухої речовини 107,9–112,2 % до стандарту.

За результатами оцінки відібрано п'ять кращих ЦЧС ліній буряків кормових для включення в селекційний процес з формування одноросткових експериментальних гібридів на стерильній основі (табл. 3).

Їх урожайність була в межах 89,7–91,5 %, а вміст сухої речовини в коренеплодах пере-

вищував показник стандарту на 11,2–12,2 %. За збором сухої речовини вони були на рівні стандарту. Продуктивність стандарту в досліді становила за врожайністю коренеплодів 87,5 т/га, вмістом сухої речовини – 14,0 %, збором сухої речовини – 12,25 т/га.

Одночасно з одноростковими компонентами у порівняльному сортовипробуванні вивчено 14 багаторосткових запилювачів, з яких виділено шість кращих за елементами продуктивності високопродуктивні зразки буряків кормових для подальшої селекційної роботи (табл. 4).

За врожайністю коренеплодів багаторосткові запилювачі переважали груповий стандарт на 4,6–5,4 %. За вмістом сухої речовини в коренеплодах вони були на рівні стандарту, а збором сухої речовини перевищували його на 3,8–6,0 %.

Однак, слід зазначити, що високі базові показники продуктивності батьківських форм не завжди передаються гібридам, створеним за їх участі. Тому, необхідно вивчати реакцію матеріалів різного походження на схрещування, оцінювати ступінь їх фенотипового вираження у гібридів.

Таблиця 3 – Базова продуктивність кращих ЦЧС ліній буряків кормових у сортовипробуванні 2022–2024 рр.

Селекційний номер	Урожайність коренеплодів, т/га	Вміст сухої речовини, %	Збір сухої речовини, т/га	В % до стандарту		
				урожайність	вміст сухої речовини	збір сухої речовини
БК ЦЧС 39/17	78,9	15,6	12,31	90,2	111,5	100,5
БК ЦЧС 11/21	78,5	15,6	12,25	89,7	111,2	100,0
БК ЦЧС 27/14	79,5	15,7	12,48	90,9	112,0	101,9
БК ЦЧС 17/22	80,1	15,7	12,58	91,5	112,2	102,7
БК ЦЧС 44/05	78,8	15,7	12,37	90,1	111,9	101,0
<i>НІР₀₅</i>	3,0	0,51	0,50	–	–	–
St Славія	87,5	14,0	12,25	–	–	–

За результатами попереднього сортопробування 33 експериментальних гібридів буряків кормових виділено п'ять кращих одностовкових гібридів буряків кормових на стерильній основі з високим потенціалом продуктивності (табл. 5).

за інтенсивними технологіями без затрат ручної праці.

За результатами досліджень встановлено, що для отримання високопродуктивних одностовкових гібридів буряків кормових на стерильній основі компоненти схрещування

Таблиця 4 – Продуктивність кращих багаторосткових запилювачів буряків кормових у сортопробуванні 2022–2024 рр.

Селекційний номер	Урожайність коренеплодів, т/га	Вміст сухої речовини, %	Збір сухої речовини, т/га	В % до стандарту		
				урожайність коренеплодів	вміст сухої речовини	збір сухої речовини
БКЗ-147/3	91,7	14,0	12,84	104,8	100,0	104,8
БКЗ-133/8	92,0	14,1	12,97	105,1	100,1	105,9
БКЗ-102/9	92,2	13,9	12,82	105,4	99,3	104,7
БКЗ-117/7	91,5	13,9	12,72	104,6	99,3	103,8
БКЗ-156/9	91,9	14,0	12,87	105,0	100,0	105,1
БКЗ-141/46	92,1	14,1	12,99	105,2	100,1	106,0
<i>НІР₀₅</i>	3,1	0,54	0,51	–	–	–
St Славія	87,5	14,0	12,25	–	–	–

Таблиця 5 – Продуктивність кращих одностовкових гібридів буряків кормових на стерильній основі в сортопробуванні 2022–2024 рр.

Селекційний номер	Урожайність коренеплодів, т/га	Вміст сухої речовини, %	Збір сухої речовини, т/га	В % до стандарту		
				урожайність коренеплодів	вміст сухої речовини	збір сухої речовини
КБО 231/8 2х ₁	90,5	14,3	12,94	103,4	102,1	105,6
КБО 218/4 2хF ₁	91,4	14,6	13,36	104,4	104,2	109,1
КБО 220/7 2хF ₁	91,8	14,3	13,10	104,9	102,1	106,9
КБО 261/5 2хF ₁	90,6	14,2	12,86	103,5	101,4	105,0
КБО 215/9 2хF ₁	92,0	14,3	13,13	105,1	102,1	107,2
<i>НІР₀₅</i>	3,1	0,51	0,49	–	–	–
St Славія	87,5	14,0	12,25	–	–	–

Найбільш високопродуктивні експериментальні одностовкові гібриди буряків кормових КБО 231/8, КБО 218/4, КБО 220/7, КБО 261/5, КБО 215/9 створено за використання ЦЧС ліній БК ЦЧС 39/17, БК ЦЧС 27/14, БК ЦЧС 17/22 і багаторосткових запилювачів БКЗ-133/8, БКЗ-156/9, БКЗ-141/46. Ці гібриди переважали стандарт за врожайністю коренеплодів на 3,4–5,1 %, вмістом та збором сухої речовини на 1,4–4,2 % і 5,0–9,1 %, відповідно. Вони характеризувалися овальною формою коренеплоду і заглибленням в ґрунт на 1/3 довжини, що сприятиме зниженню енергозатрат за їх викопування. Ці гібриди є придатними для вирощування

мають характеризуватися, окрім високого гібридизаційного потенціалу, підвищеним рівнем базової продуктивності відповідно до їх генетичної структури та особливостей успадкування і мінливості контрольованих ознак. Урожайність коренеплодів ЦЧС ліній має бути в межах 90–95 %, вміст сухої речовини – 100–105 % до показників кращих багаторосткових сортів-стандартів буряків кормових. Рівень стерильності пилку рослин ЦЧС ліній має становити 95–99 %, одностовковість насіння 97–100 %. Багаторосткові запилювачі буряків кормових мають перевищувати сорт-стандарт за врожайністю коренеплодів на 5–10 %, а вмістом сухої речовини бути на рівні з ним.

Висновки. За результатами сортовипробування виділено п'ять комбінаційно-здатних ліній О-типу та їх аналоги з ЦЧС і шість комбінаційно-здатних багаторосткових запилювачів буряків кормових підвищеного рівня базової продуктивності. Установлено критерії добору батьківських компонентів за комплексом селекційно-генетичних і господарсько-цінних ознак та створено п'ять високопродуктивних одноросткових гібридів буряків кормових на стерильній основі, що переважають багаторостковий стандарт за збором сухої речовини на 5–10 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Буряківництво. Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження / В.Ф. Зубенко та ін. Київ: НВП ТОВ "Альфа-стевія ЛТД", 2007. 486 с.
2. Мартинюк І.В. Вирощування однонасінних буряків кормових за інтенсивними технологіями. Таврійський науковий вісник. 2012. Вип. 78. С. 39–42.
3. Mehra P., Kaur D., Singh A. Enhancing Agricultural Resilience: A Review of the System of Crop Intensification. Підвищення стійкості сільськогосподарства: огляд системи інтенсифікації сільськогосподарських культур. J Food Chem Nanotechnol. 2023. 9(1). Р. 438–443. DOI: 10.17756/jfcn.2023-s1-055
4. Мартинюк І.В. Буряки кормові: наукові та прикладні аспекти технології вирощування. Київ: Урожай, 2006. 217 с.
5. Adhikari P., Araya H., Aruna G. System of crop intensification for more productive, resource-conserving, climate-resilient, and sustainable agriculture: experience with diverse crops in varying agroecologies. International journal of agricultural sustainability. 2018. Vol. 16 (1). Р. 1–28. DOI: 10.1080/14735903.2017.1402504.
6. Селекція однонасінних кормових буряків / А.М. Слівченко та ін. Збірник наукових праць ІЦБ УААН, 2005. Вип. 8. С. 244–249.
7. Мілієнко М.В. Вивчення господарсько цінних та морфологічних ознак коренеплодів вихідних форм та гібридів буряку кормового (*Beta vulgaris* L. *subsp. vulgaris* var. *crassa*). Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. № 2. С. 62–66.
8. Орлов С.Д. Вихідні матеріали кормових буряків різного рівня геному, їх використання у селекції на гетерозис. Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН. 2008. Вип. 10. С. 118–122.
9. Труш С.Г., Баланюк Л.О., Парфенюк О.О., Татарчук В.М. Методи створення та шляхи використання лінійних матеріалів багаторосткових буряків кормових у селекції на гетерозис. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2025. Вип. 1 (15). С. 92–99. DOI: 10.54651/agri.2025.01.11
10. Мазур В.О. Селекція і насінництво польових культур. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 348 с.

11. Labroo M.R., Studer A.J., Rutkoski J.E. Heterosis and Hybrid Crop Breeding: A Multidisciplinary Review. Front. Genet. 2021. Vol. 12. 643761. DOI: 10.3389/fgene.2021.643761
12. Дубчак О.В., Орлов С.Д. Рекомбінування господарсько-цінних ознак у кормових буряків. Цукрові буряки. 2015. Вип. 5 (107). С. 4–7.
13. Frese L., Desprez B., Ziegler D. Potential of genetic resources and breeding strategies for base-broadening in Beta. Broadening the genetic base of crop production. Wallingford, UK: Cabi Publishing, 2001. Р. 295–309. DOI: 10.1079/9780851994116.0295
14. Орлов С.Д., Костогриз Л.А., Бровко С.М., Мілієнко М.В. Комбінаційна здатність у селекції кормових буряків. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2012. Вип. 15. С. 264–267.
15. Рибак Д.А., Фомічова А.М., Ярош Ю.М. Селекція і насінництво кормового буряка в Україні. Вісник аграрної науки. 1998. № 8. С. 39–43.
16. Присяжнюк О.І., Присяжнюк Л.М., Мельник С.І., Гринів С.М. Буряки цукрові – селекція, насінництво та технологія вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. 310 с.
17. Дубчак О.В. Створення експериментальних гібридів кормових буряків на стерильній основі та оцінка їх продуктивності. Збірник наукових праць БНАУ. 2010. Вип. 3 (74). С. 43–46.
18. Trush S.H., Parfeniuk O.O., Balaniuk L.O. Creation and a breeding-genetic study of pollinator lines–sterility maintainers and their sterile counterparts in fodder beet breeding for heterosis. Plant Breeding and Seed Production. 2023. Issue 123. Р. 75–84. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.283651
19. Методики проведення досліджень у буряківництві / М.В. Роїк та ін. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. С. 24–345.
20. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 352 с.

REFERENCES

1. Zubenkov, V.F., Roik, M.V., Ivashchenko, O.O., Gizbulin, N.G. (2007). Buriakivnytstvo. Problemy intensyfikatsii ta resursozberezhennia [Beet growing. Problems of intensification and resource conservation]. Kyiv, Alfa-stevia LTD, 486 p.
2. Martyniuk, I.V. (2012). Vyroshchuvannia ondonasinnnykh buriakiv kormovykh za intensyvnyymy tekhnolohiiamy [Growing single-seeded fodder beets using intensive technologies]. Tavriyskyi naukovi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. no. 78. pp. 39–42.
3. Mehra, P., Kaur, D., Singh, A. (2023). Enhancing Agricultural Resilience: A Review of the System of Crop Intensification. Enhancing agricultural resilience: a review of the system of crop intensification. J Food Chem Nanotechnol. no. 9 (1), pp. 438–443. DOI: 10.17756/jfcn.2023-s1-055
4. Martyniuk, I.V. (2006). Buriaky kormovi: naukovy ta prykladni aspekty tekhnolohii vyroshchuvannia

nia [Fodder beets: scientific and applied aspects of growing technology]. Kyiv, Harvest, 217 p.

5. Adhikari, P., Araya, H., Aruna, G. (2018). System of crop intensification for more productive, resource-conserving, climate-resilient, and sustainable agriculture: experience with diverse crops in varying agroecologies. *International journal of agricultural sustainability*. Vol. 16 (1), pp. 1–28. DOI: 10.1080/14735903.2017.1402504.

6. Slivchenko, A.M., Yatsenko, O.A., Morgun, A.V., Slivchenko, O.A., Zhuchenko, O.I., Sobchenko, L.K. (2005). Seleksiia odnonasinnykh kormovykh buriakiv [Breeding of single-seeded fodder beets]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu tsukrovyykh buriakiv UAAN* [Collection of scientific works of the Institute of Sugar Beet UAAN]. no. 8, pp. 244–249.

7. Miliienko, M.V. (2012). Vyvchennia hospodarsko tsinnykh ta morfolohichnykh oznak koreneplodiv vykhidnykh form ta hibrydiv buriaku kormovoho (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *crassa*) [Study of economically valuable and morphological features of root crops of initial forms and hybrids of fodder beet (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *crassa*)]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn* [Plant Varieties Studying and Protection]. no. 2, pp. 62–66.

8. Orlov, S.D. (2008). Vykhidni materialy kormovykh buriakiv riznoho rivnia henomu, yikh vykorystannia u selektsii na heterozys [Source materials of fodder beets of different genome levels, their use in selection for heterosis]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu tsukrovyykh buriakiv UAAN*. [Collection of scientific works of the Institute of Sugar Beet of the Ukrainian Academy of Sciences]. no. 10, pp. 118–122.

9. Trush, S.G., Balanyuk, L.O., Parfeniuk, O.O., Tatarchuk, V.M. (2025). Metody stvorennia ta shliakhy vykorystannia liniinykh materialiv bahatorostkovykh buriakiv kormovykh u selektsii na heterozys [Methods of creation and ways of using linear materials of multi-sprout fodder beets in breeding for heterosis]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka* [Agriculture and plant sciences: theory and practice]. no. 1 (15), pp. 92–99. DOI: 10.54651/agri.2025.01.11

10. Mazur, V.O. (2020). Seleksiia i nasinnytstvo polovykh kultur [Plant breeding and seed production of field crops]. Vinnytsia, Tvory, 348 p.

11. Labroo, M.R., Studer, A.J., Rutkoski, J.E. (2021). Heterosis and Hybrid Crop Breeding: A Multidisciplinary Review. *Front. Genet.* Vol. 12. 643761. DOI: 10.3389/fgene.2021.643761

12. Dubchak, O.V., Orlov, S.D. (2015). Rekombinuvannia hospodarsko-tsinnykh oznak u kormovykh buriakiv [Recombination of valuable attributes at fodder beet]. *Tsukrovi buriaky* [Sugar beet]. Kyiv, no. 5 (107), pp. 4–7.

13. Frese, L., Desprez, B., Ziegler, D. (2001). Potential of genetic resources and breeding strategies for base-broadening in Beta. *Broadening the genetic base of crop production*. UK, Cabi Publishing, pp. 295–309. DOI: 10.1079/9780851994116.0295.

14. Orlov, S.D., Kostogryz, L.A., Brovko, S.M., Milienko, M.V. (2012). Kombinatsiina zdattnist u

selektsii kormovykh buriakiv [Combining ability in fodder beet breeding]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv* [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. Issue 15, pp. 264–267.

15. Rybak, D.A., Fomichova, A.M., Yarosh, Yu.M. (1998). Seleksiia i nasinnytstvo kormovoho buriaka v Ukraini [Fodder beet breeding and seed production in Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of agricultural science]. no. 8, pp. 39–43.

16. Prysiazhniuk, O.I., Prysiazhniuk, L.M., Melnyk, S.I., Hryniv, S.M. (2022). Buriaky tsukrovi – seleksiia, nasinnytstvo ta tekhnolohiia vyroshchuvannia [Sugar beets – breeding, seed production and growing technology]. Vinnytsia, LLC "Tvory", 310 p.

17. Dubchak, O.V. (2010). Stvorennia eksperymentalnykh gibrydiv kormovykh buriakiv na sterylnoi osnovi ta ocinka yikh produktyvnosti [Creation of experimental hybrids of fodder beet on a sterile basis and estimation of their efficiency]. *Collection of scientific works of the BNAU* [Zbirnyk naukovykh prats BNAU]. Bila Tserkva, BNAU, no. 3 (74), pp. 43–46.

18. Trush, S.H., Parfeniuk, O.O., Balaniuk, L.O. (2023). Creation and a breeding-genetic study of pollinator lines–sterility maintainers and their sterile counterparts in fodder beet breeding for heterosis. *Plant Breeding and Seed Production*. Issue 123, pp. 75–84. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.283651

19. Roik, M.V., Gizbullin, N.G., Sinchenko, V.M., Prysiazhniuk, O.I. (2014). Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of conducting research in beet growing]. Kyiv, FOP Korzun D.Yu., pp. 24–345.

20. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.G., Kostogryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, Edelweis i K, 352 p.

Creation and selection of parental components in selection of single-sprout fodder beet hybrids on a sterile basis

Parfeniuk O., Trush S.

The aim of the research was to create combination-capable parental components and establishing criteria for their selection of single-sprout fodder beet hybrids on a sterile basis. It was determined that to obtain highly productive single-sprout fodder beet hybrids on a sterile basis, the crossing components should be characterized, in addition to high hybridization potential, increased basic productivity in accordance with their genetic structure and inheritance features of controlled traits. The root crop yield of single-sprout CMS lines should be within 90–95 %, the dry matter content should be 100–105 % of the best multi-germination standard fodder beet varieties. The level of pollen sterility of CMS lines plants should be 95–99 %, and seeds monogermity of should be 97–100 %. Multi-germination pollinators of fodder beets should exceed the standard variety in terms of root crop yield by 5–10 % and be on a par with it in terms

of dry matter content. The most highly productive experimental single-sprout fodder beet hybrids KBO 231/8, KBO 218/4, KBO 220/7, KBO 261/5, KBO 215/9 were created using the lines BK CMS 39/17, BK CMS 27/14, BK CMS 17/22 and multi-germination pollinators BKZ-133/8, BKZ-156/9, BKZ-141/46. These hybrids exceeded the standard in root crop yield by 3.4–5.1 %, dry matter content and yield by 1.4–4.2 % and 5.0–9.1 %, respectively. They are suitable for cultivation using intensive technologies without manual labor. According to the results of variety testing, five combinable O-type lines and their CMS

analogues and six combinable multi-germination pollinators of fodder beets with an increased level of basic productivity were identified. Criteria for selecting parental components were established based on a complex of breeding, genetic and economically valuable traits, five highly productive single-sprout fodder beet hybrids on a sterile basis were created, which exceed the multi-sprout standard in terms of dry matter yield by 5–10 %.

Key words: fodder beet, source material, inbreeding, heterosis, hybrid, productivity, dry matter content.



Copyright: Парфенюк О.О., Труш С.Г. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Парфенюк О.О.

Труш С.Г.

<https://orcid.org/0000-0002-2348-4904>

<https://orcid.org/0000-0002-0968-6358>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.15[631.527.5/.559:631.84+551.515]

**Формування елементів продуктивності гібридів
кукурудзи різних груп стиглості залежно
від впливу позакоренових підживлень
в умовах Правобережного Лісостепу України**Стороженко В.О. , Рожков А.О. *Державний біотехнологічний університет*

Стороженко В.О. E-mail: vladstorozhenko@ukr.net



Стороженко В.О., Рожков А.О. Формування елементів продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від впливу позакоренових підживлень в умовах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 180–192.

Storozhenko V., Rozhkov A. Formation of productivity elements of corn hybrids of different maturity groups depending on the effect of foliar fertilizers in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 180–192.

Рукопис отримано: 08.09.2025 р.

Прийнято: 23.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-180-192

У статті наведено результати дворічних досліджень щодо впливу позакоренових підживлень різними сполученнями водорозчинних добрив і антистресантів на формування елементів продуктивності рослин і біологічну врожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Правобережного Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2024, 2025 рр. на базі СФГ «Горизонт-2» Білоцерківського району Київської області.

Двофакторний польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку були три гібриди кукурудзи різних груп стиглості: 1 – Р7818 (ФАО 240); 2 – ДКС3730 (ФАО 280) і 3 – ДКС4541 (ФАО 380). Ділянками другого порядку були сім варіантів позакоренових підживлень розчинами на основі різних видів водорозчинних добрив з антистресовим продуктом. Підживлення проводили під час 14–16 і 16–18 мікрофаз за шкалою ВВСН. Площа посівної ділянки – 140 м², облікової – 100 м².

За впливом на формування ключових елементів продуктивності рослин та біологічну врожайність зерна кукурудзи, кращим був варіант із проведенням двох позакоренових підживлень сумішшю карбаміду (N₂₁), комплексного добрива Nanovit кукурудза (1,5 л/га) і антистресанту Квантум АміноМакс 200 (1,0 л/га). У середньому за два роки досліджень кількість зерен в одному качані кукурудзи гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у цьому варіанті була на 5,5; 6,8 і 4,6 %, а їх маса – на 7,2; 8,2 і 6,2 % відповідно вищою, ніж на контролі.

У 2024 р. біологічна врожайність зерна гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у цьому варіанті була на 0,67 т/га (14,8 %), 0,69 т/га (14,3 %) і 0,72 т/га (12,9 %) відповідно вищою ніж на контролі, у 2025 р. – на 0,64 т/га (10,2 %), 0,73 т/га (10,8 %) і 0,80 т/га (10,0 %).

Проведення двох позакоренових підживлень розчинами без додавання антистресанту Квантум АміноМакс 200 також забезпечувало істотне підвищення біологічної врожайності зерна кукурудзи всіх гібридів порівняно з контролем.

Ключові слова: кукурудза, комплексні добрива, антистресанти, гібрид, біологічна врожайність, позакоренове підживлення, елементи продуктивності.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Кукурудза – єдина в світі сільськогосподарська культура, щорічні валові збори якої перевищують 1 млрд т. Її прогнозують ключову роль у майбутньому, адже за даними Організації співпраці та розвитку, у світі спостерігається тенденція збільшення споживання зерна, у структурі якого близько 70 % – це зерно кукурудзи [1].

Виключно важливе значення для отримання високої урожайності зерна кукурудзи має вибір конкретних гібридів. Завдяки правильному підбору гібридів для конкретних умов вирощування врожайність зерна можна підвищити на 50–80 % [2]. Наразі потенціал продуктивності кукурудзи реалізовується лише на 40–50 %, тимчасом передовий досвід доводить можливість отримувати урожайність зерна сучасних гібридів цієї культури на рівні 16–18 т/га [3]. Одним з чинників стримування реалізації високого генетичного потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи є низька стабільність їх зернової продуктивності у різних агроєкологічних регіонах. Значні фінансові та енергетичні витрати на вирощування цієї культури стимулюють до наукового обґрунтування основних елементів технології її вирощування з урахуванням групи стиглості гібридів і ґрунтово-кліматичних умов [4]. Водночас, ключовим елементом технології вирощування кукурудзи, який має провідну роль у підвищенні врожайності та поліпшенні якості отриманої продукції є система живлення [5].

В сучасних умовах значного диспаритету цін на зерно і засоби вирощування, а також підвищення температурних показників і зменшення кількості опадів постає потреба оптимізації наявних та впровадження нових складових технології вирощування гібридів кукурудзи на основі широкого впровадження сучасних багатокомпонентних видів добрив та антистресових продуктів.

Численними дослідженнями [6–8] доведено позитивний вплив мікродобрив на перебіг фізіологічних процесів у рослинах, що забезпечує підвищення рівня реалізації генетичного потенціалу продуктивності посівів. Такі мікроелементи як цинк, марганець є життєво важливими для активності ферментів, синтезу хлорофілу та метаболічних процесів у рослинах. Їх дефіцит призводить до пригнічення росту, зменшення ефективності фотосинтезу і, як наслідок, – до зниження врожайності. Позакореневе внесення різних комбінацій мікродобрив прискорює поглинання та швидше «доставляє» елементи живлення рослинам,

що особливо важливо в критичні періоди їх росту й розвитку [9]. Своєчасне забезпечення рослин кукурудзи мікроелементами нормалізує перебіг ростових процесів, підвищує їх стійкість до несприятливих погодних умов, водночас є безпечним для навколишнього середовища та здоров'я людини [10].

Позакореневе підживлення кукурудзи у фазу 3–5 листків сполученням КАС з мікродобривами «Авангард Р кукурудза» та «Мікро-Мінераліс Кукурудза» забезпечувало формування вищих елементів продуктивності, у результаті чого врожайність гібридів кукурудзи підвищувалася на 0,29–0,97 т/га [11].

Дворазове позакореневе підживлення середньопізніх гібридів кукурудзи мікродобривом Аміно Ультра Кукурудза за норм висіву насіння в діапазоні від 55 до 110 тис. шт./га в умовах Північного Степу України забезпечувало підвищення врожайності зерна порівняно з контролем на 1,2–1,3 т/га [12].

Внесення водорозчинних мікродобрив «Нутрімікс» і «Нутрібор» на посівах кукурудзи двічі за вегетацію в умовах Лівобережного Лісостепу України на різних фонах основного внесення добрив забезпечувало істотне підвищення врожайності та поліпшення якісних показників зерна [13].

У стресових умовах (високі/низькі температури, посуха, висока амплітуда коливань температури впродовж доби) позакореневі підживлення є практично єдиним дієвим способом швидкого нівелювання стресів завдяки внесенню спеціалізованих продуктів і забезпечення рослин необхідними елементами живлення. Навіть незначна кількість макро- та мікроелементів нанесених на листову поверхню рослин показує високу ефективність, оскільки вони легкодоступні і достатньо швидко проникають у рослини. Зокрема, амідний азот починає працювати вже через пів години після нанесення на поверхню листка [14].

Висока ефективність застосування мікродобрив під час вирощування кукурудзи досягається як за їх нанесення на насіння, так і обприскування посівів. Оскільки позакореневі підживлення можна проводити в будь-який період вегетації посівів, є можливість забезпечити бездефіцитний баланс мікроелементів у рослинах і завчасно (до стресу) обробити посіви антистресовими препаратами. Ефективність позакореневого внесення мікроелементів доведена низкою наукових досліджень і обумовлена тим, що вартість приросту врожайності є значно вищою порівняно зі зростанням виробничих витрат на 1 га посіву [15].

У посуху добрива, які внесені у верхній шар ґрунту, знаходяться у нерозчинному стані і слабо засвоюються рослинами. Крім того, підвищується осмотичний тиск, що спричиняє плазмоліз цитоплазми клітин. Саме тому за таких умов особливо актуальними стають позакореневі підживлення [16]. Нанесення елементів живлення на поверхню листків активує наростання вегетативної маси, сприяє підвищенню врожайності та якості продукції, дає можливість скоригувати дефіцит певних елементів впродовж вегетації кукурудзи, більш ефективно використовувати добрива, уповільнюючи їх перехід у недоступні форми [17].

Загалом, аналіз матеріалів досліджень свідчить про високу ефективність системи живлення, зокрема позакореневих підживлень на ріст, розвиток і врожайність зерна кукурудзи, проте недостатньо з'ясовано залишається низка питань, пов'язаних з ефективністю бакових сумішей різних продуктів, спрямованих на усунення дефіциту мікроелементів і нівелювання стресів, кратність проведення позакореневих підживлень, власне реакцією різних за морфо-біотипом гібридів на позакореневі підживлення, а також з ефективністю цього елементу системи живлення за різних погодних умов вегетації кукурудзи.

Саме тому є потреба проведення додаткових досліджень щодо оптимізації базової системи живлення з урахуванням потенціалу продуктивності і біотипу сучасних гібридів кукурудзи та ґрунтово-кліматичних умов з подальшим вивченням їх впливу на елементи продуктивності та врожайність зерна. Про актуальність таких досліджень свідчать запити з боку виробників кукурудзи до наукових установ щодо їх проведення [18–20].

З огляду на це, **мета досліджень** полягала у встановленні впливу позакореневих підживлень сполученням продуктів з різним напрямом дії на елементи продуктивності та біологічну врожайність зерна різних за морфо-біотипом гібридів кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2024, 2025 рр. на базі СФГ «Горизонт-2» Білоцерківського району Київської області. Ґрунт на якому проводили дослідження – чорнозем глибокий, середньо суглинковий на лесовидному суглинку.

Як за температурним режимом, так і кількістю опадів та їх розподілом, погодні умови

вегетації посівів кукурудзи помітно відрізнялися як між собою, так і порівняно з показниками кліматичної норми. Як результат, елементи продуктивності та біологічна врожайність зерна досліджуваних гібридів кукурудзи по роках значно відрізнялися. Більш сприятливі погодні умови для росту та розвитку рослин кукурудзи склалися в 2025 р. Впродовж вегетації кукурудзи в цьому році кількість опадів як і температурний режим, були близькими до кліматичної норми. До того ж, у критичні фази росту та розвитку рослин опадів загалом було достатньо для їх проходження. У 2024 р. опадів, особливо в літні місяці було значно менше ніж у 2025 р. Крім того, негативна дія дефіциту вологи посилювалася високими температурами у другій декаді липня та серпня (в окремі дні вдень температура перевищувала 36,0 °C). Водночас, вирощування кукурудзи в різних погодних умовах дало можливість краще порівняти між собою досліджувані варіанти позакореневих підживлень і визначити їх ефективність за різних погодних умов вегетації гібридів кукурудзи.

Двофакторний польовий дослід закладала методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку (фактор *A*) були три гібриди кукурудзи різних груп стиглості: ранньостиглий Р7818 (ФАО 240); середньоранній ДКС 3730 (ФАО 280) і середньостиглий ДКС 4541 (ФАО – 380). Ділянками другого порядку (фактор *B*) були сім варіантів позакореневих підживлень водорозчинними добривами і антистресантами (табл. 1).

Площа посівної ділянки досліду становила 140 м², облікової – 100 м². Площа лабораторних ділянок досліду, на яких відбирали зразки рослин, проводити супутні спостереження, обліки та аналізи, становила 40 м².

Технологія вирощування кукурудзи, за виключенням досліджуваних питань була загальноприйнятою для району досліджень. Сівбу проводили наприкінці першої декади травня за прогрівання ґрунту на глибині 5–6 см – до 10–12 °C. Під осінню оранку вносили 100 кг/га амофосу ($N_{12}P_{52}$) і 80 кг/га хлористого калію (K_{50}). Навесні, під передпосівну культивування вносили 100 кг/га карбаміду (N_{46}). Під час сівби вносили 30 кг/га амофосу (N_4P_{15}). Насіння висівали широкорядним способом сівби з міжряддями 70 см. Норма висіву насіння всіх гібридів була рекомендованою установою-оригіном і становила 70 тис. шт./га.

Таблиця 1 – Варіанти позакоренових підживлень (фактор В)

Варіант	Мікрофаза за кодом ВВСН	Карбамід (21 кг/га)	Nanovit (кукурудза) (1,5 л/га)	Квантум АміноМакс (1,0 л/га)	Partner (хелат цинку) (1,0 л/га)
I	14–16	–	–	–	–
	16–18	–	–	–	–
II	14–16	+	+	–	–
	16–18	–	–	–	–
III	14–16	–	–	–	–
	16–18	+	+	–	–
IV	14–16	+	+	–	–
	16–18	+	+	–	–
V	14–16	+	+	+	–
	16–18	+	+	+	–
VI	14–16	+	+	+	+
	16–18	+	+	+	–
VII	14–16	+	+	+	+
	16–18	+	+	+	+

Після сівби кукурудзи вносили ґрунтовий гербіцид на основі S-метолхлору з тербутилазином (Примекстра TZ Голд) і проводили прикочування. Під час 12-ї мікрофази за міжнародною класифікацією ВВСН вносили гербіцид Лаудіс. Витрати робочого розчину за внесення гербіциду, а також для позакоренових підживлень посівів становили 250 л/га.

Комплексне водорозчинне добриво Nanovit Кукурудза крім спеціально збалансованого під кукурудзу набору макро- та мікроелементів у своєму складі також містить багатофункціональний біологічно активний комплекс Напоастів на основі 15-ти рослинних L-амінокислот, широкий спектр рослинних фітогормонів, моносахаридів, органічних кислот, полісахаридний прилипач.

Комплексне добриво-антистресант Квантум АміноМакс 200 має високий вміст амінокислот (200 г/л). Воно збагачене макро- та мікроелементами, гуміновими речовинами, органічними кислотами і рослинними фітогормонами для підсилення антистресового ефекту та підвищення імунітету рослин.

Закладання досліду, обліки, вимірювання та математичний аналіз отриманих результатів проводили за загальноприйнятими методами [21, 22].

Результати дослідження та обговорення. Ключовими елементами продуктивності рослин кукурудзи є: кількість зерен у качані, маса 1000 зерен і маса зерен з качана. У сполученні з кількістю рослин перед збиранням, вони визна-

чають біологічну врожайність зерна кукурудзи. Озерненість качана є сполученням кількості рядів зерен у ньому з кількістю зерен в одному ряду, а маса зерна одного качана – є сполученням озерненості качана з масою 1000 зерен.

Між елементами продуктивності зазвичай відсутня пряма залежність. Підвищення показника одного з них здебільшого супроводжується зниженням інших. Зокрема, роблячи ставку на густоту рослин, втрачаємо на кількості та масі зерен з одного качана, у результаті чого зменшується зернова продуктивність рослин, а за надмірного загущення – і врожайність зерна. Саме тому, під час розробки заходів вирощування культури важливо досягати збалансованого рівня елементів продуктивності, який забезпечуватиме формування найбільшої кількості основної продукції з одиниці площі.

Позакоренове внесення досліджуваних сумішей продуктів сприяло збереженню більшої кількості рослин перед збиранням всіх гібридів кукурудзи. Найбільшим цей показник був у варіантах проведення двох позакоренових підживлень сполученням всіх продуктів, а саме – у шостому і сьомому варіантах. Зокрема, у 2024 р. кількість рослин гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 перед збиранням у сьомому варіанті становила 47,46; 47,60 і 46,97 тис. шт./га відповідно, що на 2,56 тис. шт./га (на 5,7 %), 2,80 тис. шт./га (на 6,3 %) і 2,87 тис. шт./га (на 6,5 %) вище порівняно з контролем (обробка посівів водою) (табл. 2).

Таблиця 2 – Кількість рослин досліджуваних гібридів кукурудзи перед збиранням за впливу позакоренових підживлень, тис. шт./га

Варіант позакорене- вого піджив- лення (фактор <i>B</i>)	Рік					
	2024			2025		
	Гібрид (фактор <i>A</i>)					
	1 **	2	3	1	2	3
I*	44,90	44,80	44,10	46,83	46,69	46,13
II	45,78	45,43	44,52	47,60	47,11	46,55
III	45,99	45,85	44,80	48,02	47,18	46,55
IV	46,41	46,27	45,43	48,51	47,95	47,46
V	47,32	47,11	46,34	48,93	48,16	48,09
VI	47,53	47,53	46,86	49,35	48,58	48,79
VII	47,46	47,60	46,97	49,35	48,44	48,58
Середнє	46,49	46,37	45,57	48,37	47,73	47,45

Примітка: * – зміст варіантів розкрито в пункті – Матеріали і методи дослідження.

** – гібриди кукурудзи: 1 – Р7818; 2 – ДКС3730; 3 – ДКС4541.

В погодних умовах 2025 р. кількість рослин кукурудзи перед збиранням найбільшою була у шостому варіанті, водночас розбіжність порівняно з контролем була меншою, що на нашу думку пов'язано з більш сприятливими погодними умовами. Зокрема, кількість рослин перед збиранням у гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у цьому варіанті перевищувала контроль на 5,3; 3,7 і 4,6 % відповідно, що менше, ніж у несприятливому 2024 р.

Ефективність додавання антистресанту Квантум АміноМакс 200 до бакової суміші карбаміду і комплексного добрива Nanovit Кукурудза вищою була у стресових умовах вегетації 2024 р. Зокрема, у 2024 р. це забезпечувало підвищення густоти рослин кукурудзи гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 перед збиранням на 2,0; 1,8 і 2,0 % відповідно (різниця між 5-м і 4-м варіантами), тимчасом у 2025 р. – лише на 0,9; 0,4 і 1,3 % відповідно.

Істотної різниці між досліджуваними гібридами кукурудзи за першим елементом продуктивності – кількістю рослин на момент збирання не було. Лише спостерігалася тенденція збереження більшої кількості рослин більш ранньостиглого гібрида Р7818 як у 2024 р., так і 2025 р. Зокрема, у середньому по підживленнях, кількість рослин цього гібрида на час збирання врожаю у ці роки становила 46,49 і 48,37 тис. шт./га, що на 0,3 і 1,3 % більше ніж у гібрида ДКС3730 і на 2,0 і 1,9 % відповідно більше, ніж у гібрида ДКС4541.

Кількість зерен в одному качані всіх гібридів кукурудзи найбільшою була на варіантах додавання до бакового розчину добрив антистресанту Квантум АміноМакс 200, а саме у

п'ятому, шостому та сьомому варіантах. Зокрема, у 2024 р. кількість зерен в одному качані гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 становила 396–399; 409–413 і 455–462 шт. відповідно, що на 5,6–7,5; 7,9–9,0 і 5,8–7,4 % вище порівняно з контролем (табл. 3).

У 2025 р. кількість зерен у качані кукурудзи гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у варіантах із застосуванням антистресанту Квантум АміноМакс 200 становила 490–493; 512–517 і 581–586 шт. відповідно, що на 4,3–4,9; 5,6–6,6 і 3,4–4,3 % більше порівняно з контролем. Додавання до бакового розчину цинкового добрива Partner (6-й і 7-й варіанти) не мало очевидної переваги порівняно з варіантом де застосовували суміш карбаміду, водорозчинного добрива Nanovit Кукурудза і антистресанту Квантум АміноМакс 200 (5-й варіант). Спостерігалася лише позитивна тенденція підвищення показника.

Ефективність додавання до бакового розчину антистресанту Квантум АміноМакс 200 помітно вищою була в більш стресових погодних умовах 2024 р., що логічно, адже саме в таких умовах антистресанти повною мірою проявляють свою ефективність. Зокрема, за умови додавання до бакового розчину цього продукту, кількість зерен у качані гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 в 2024 р. була на 3,9; 5,4 і 4,8 % відповідно вищою порівняно з четвертим варіантом, тимчасом у 2025 р. лише на 2,1; 2,2 і 1,7 %. Закономірність підвищення ефективності антистресантів щодо закладання елементів продуктивності кукурудзи, зокрема кількості зерен у качанах у менш сприятливих погодних умовах відмічена також іншими дослідниками [23, 24].

Таблиця 3 – Кількість зерен в одному качані досліджуваних гібридів кукурудзи за впливу позакоренових підживлень, шт.

Варіант позакорене- вого піджив- лення (фактор <i>B</i>)	Рік					
	2024			2025		
	Гібрид (фактор <i>A</i>)					
	1**	2	3	1	2	3
I*	371	379	430	470	485	562
II	372	381	434	467	490	565
III	375	385	441	485	494	566
IV	381	388	441	480	501	571
V	396	409	455	490	512	581
VI	392	413	458	490	517	581
VII	399	413	462	493	514	586
Середнє	384	395	445	482	502	573

Примітка: * – зміст варіантів розкрито в пункті – Матеріал і методи дослідження.

** – гібриди кукурудзи: 1 – Р7818; 2 – ДКС3730; 3 – ДКС4541.

Значно більшу кількість зерен в одному качані формував гібрид кукурудзи ДКС4541 з ФАО 380. Зокрема, у середньому по варіантах позакоренових підживлень кількість зерен в одному качані цього гібрида в 2024 і 2025 рр. становила 445 і 573 шт., тимчасом у гібридів Р7818 (ФАО 240) і ДКС3730 (ФАО 280) – 384 і 482 шт. та 395 і 502 шт. відповідно.

У проведеному досліді значно більшу кількість зерен в одному качані гібрид кукурудзи ДКС4541 формував завдяки закладанню більшої кількості зерен в одному ряду качана, а не через більшу кількість рядів у качані. У всіх досліджуваних гібридів вона була однаковою – 14 шт. у 2024 р. і 16 шт. – у 2025 р. Водночас, дослідники О.І. Циліорик і І.М. Сологуб [25] відмічають значний позитивний вплив позакоренових підживлень на закладання більшої кількості рядів у качанах кукурудзи. На нашу думку це пов'язано з низкою факторів, а саме: морфо-біотипом гібридів, специфікою погодних умов, якими саме продуктами проводять підживлення, а також фазою росту рослин.

Погодні умови років досліджень помітно різнилися, особливо за температурним режимом, тож логічно є значна розбіжність між кількістю зерен досліджуваних гібридів у 2024 і 2025 рр. Саме погодні умови чинили найбільший вплив у зміну цього елементу продуктивності. Зокрема, діапазон розбіжності між кількістю зерен у качані за впливу позакоренових підживлень та морфо-біотипу досліджуваних гібридів у середньому становив 6,6 і 17,4 % відповідно, тимчасом за впливу погодних умов – 27,1 %.

Вплив досліджуваних варіантів позакоренових підживлень на масу 1000 зерен кукурудзи був значно менший, ніж на інші елементи продуктивності. І в 2024 р. і в 2025 р. розбіж-

ність за масою 1000 зерен досліджуваних гібридів кукурудзи між варіантами позакоренових підживлень не перевищувала 3,0 %. Водночас спостерігалася тенденція формування більшої маси 1000 зерен за умови проведення двох позакоренових підживлень сумішню всіх продуктів (табл. 4).

Значно більший вплив на масу 1000 зерен чинили погодні умови вегетації. Зокрема, у середньому по варіантах позакоренових підживлень у гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у більш сприятливих умовах 2025 р. вона була на 13,4 г (4,9 %), 16,5 г (5,8 %) і 13,6 г (4,6 %) відповідно більшою, ніж у 2024 р.

Позакоренові підживлення сприяли закладанню більшої кількості зерен у качанах досліджуваних гібридів кукурудзи та формуванню більшої маси 1000 зерен, завдяки чому їх вплив на масу зерна з одного качана був вищий, ніж на ці показники. Зокрема, у середньому за роками та гібридами, кількість зерен у качані та їх маса 1000 за умови проведення позакоренових підживлень максимально зростала на 6,6 і 2,3 % відповідно, тимчасом маса зерен з одного качана – на 9,1 %.

В погодних умовах обох років найвища маса зерна з одного качана всіх гібридів кукурудзи формувалася у варіантах з двома підживленнями сумішню всіх продуктів, водночас істотної різниці порівняно з варіантами де добриво Partner вносили один раз (6-й варіант) і посіви обробляли сумішню карбаміду, добрива Nanovit і антистресанту Квантум АміноМакс (5-й варіант) не було. Розбіжність за масою зерен з одного качана всіх гібридів на цих варіантах у 2024 р. не перевищувала 3,5 г за НР₀₅ – 4,1 г, а в 2025 р. – 2,6 г за НР₀₅ – 5,5 г (табл. 5).

Таблиця 4 – Маса 1000 зерен досліджуваних гібридів кукурудзи за впливу позакоренових підживлень, г

Варіант позакоренового підживлення (фактор <i>B</i>)	Рік					
	2024			2025		
	Гібрид (фактор <i>A</i>)					
	1**	2	3	1	2	3
I*	271,0	283,2	294,4	286,4	297,6	306,1
II	274,3	283,6	295,0	287,7	299,5	307,7
III	374,1	283,3	296,2	287,9	300,7	309,4
IV	375,5	284,8	296,8	288,5	301,8	311,0
V	376,8	285,5	297,3	289,4	303,0	312,5
VI	279,1	287,7	299,6	291,1	304,8	314,2
VII	278,8	288,5	300,4	292,4	304,2	314,2
Середнє	275,7	285,2	297,1	289,1	301,7	310,7

Примітка: * – зміст варіантів розкрито в пункті – Матеріал і методи дослідження.

** – гібриди кукурудзи: 1 – P7818; 2 – ДКС3730; 3 – ДКС4541.

Варіанти з проведенням одного позакоренового підживлення не забезпечували істотного збільшення маси зерна з одного качана порівняно з контролем в усіх гібридів кукурудзи, однак спостерігалася тенденція позитивного їх впливу на ріст показника. Проведення двох позакоренових підживлень сумішню

карбаміду з добривом Nanovit кукурудза забезпечувало істотне підвищення маси зерен з одного качана лише в гібрида P7818 і лише в несприятливому 2024 р. По інших варіантах відмічали лише позитивну, проте статистично не доведену тенденцію формування більшої маси зерна з одного качана кукурудзи.

Таблиця 5 – Маса зерна з одного качана досліджуваних гібридів кукурудзи за впливу позакоренових підживлень, г

Варіант позакоренового підживлення (фактор <i>B</i>)	Рік					
	2024			2025		
	Гібрид (фактор <i>A</i>)					
	1**	2	3	1	2	3
I*	100,5	107,3	126,6	134,6	144,3	172,0
II	102,0	108,1	128,0	134,4	146,8	173,8
III	102,8	109,1	130,6	139,6	148,5	175,1
IV	105,0	110,5	130,8	138,5	151,2	177,5
V	109,6	116,8	135,3	141,8	155,1	181,5
VI	109,4	118,8	137,2	142,6	157,8	182,6
VII	111,2	119,2	138,8	144,2	156,4	184,1
Середнє	105,8	112,8	132,2	139,3	151,4	178,1
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i>	3,2			4,8		
НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i>	3,8			5,1		
НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>A</i>	3,5			5,3		
НІР ₀₅ часткових порівнянь <i>B</i>	4,1			5,5		

Примітка: * – зміст варіантів розкрито в пункті – Матеріал і методи дослідження.

** – гібриди кукурудзи: 1 – P7818; 2 – ДКС3730; 3 – ДКС4541.

Проведення позакоренових підживлень забезпечувало збереження більшої кількості рослин до збирання врожаю, а також формування вищої зернової продуктивності рослин кукурудзи, тож їхній вплив найбільше проявлявся саме на показниках біологічної врожайності зерна. Зокрема, кількість рослин перед збиранням і маса зерна з одного качана в середньому по роках і гібридах за впливу позакоренових підживлень порівняно

з контролем максимально збільшувалася на 5,7 і 9,1 % відповідно, тимчасом біологічна врожайність зерна – на 15,1 %.

Найвища біологічна врожайність зерна кукурудзи формувалася у варіантах проведення двох позакоренових підживлень сумішшю всіх досліджуваних продуктів. У середньому за роками і гібридами у цьому варіанті вона становила 6,86 т/га, що на 0,88 т/га або 14,7 % вище порівняно з контролем (табл. 6).

Таблиця 6 – Біологічна врожайність зерна досліджуваних гібридів кукурудзи за впливу позакоренових підживлень, т/га

Гібрид (фактор <i>A</i>)	Варіант позакоренового підживлення (фактор <i>B</i>)	Рік				Середнє за роками
		2024		2025		
		БУ***	РГ	БУ	РГ	
Р7818	I	4,52	■	6,30	■	5,41
	II	4,67	■	6,40	■	5,54
	III	4,73	■	6,70	■■	5,72
	IV	4,87	■■	6,72	■■	5,80
	V	5,19	■■■	6,94	■■■	6,07
	VI	5,20	■■■	7,04	■■■	6,12
	VII	5,28	■■■	7,12	■■■	6,20
ДКС3730	I	4,81	■	6,74	■	5,78
	II	4,91	■	6,92	■	5,92
	III	5,00	■	7,01	■	6,01
	IV	5,11	■■	7,25	■■	6,18
	V	5,50	■■■	7,47	■■■	6,49
	VI	5,65	■■■	7,67	■■■	6,66
	VII	5,68	■■■	7,58	■■■	6,63
ДКС4541	I	5,58	■	7,93	■	6,76
	II	5,70	■	8,09	■	6,90
	III	5,85	■	8,15	■	7,00
	IV	5,94	■■	8,42	■■	7,14
	V	6,30	■■■	8,73	■■■	7,52
	VI	6,43	■■■	8,91	■■■	7,67
	VII	6,52	■■■■	8,94	■■■	7,73
Середнє по фактору <i>B</i>	I	4,97	■	6,99	■	5,98
	II	5,09	■	7,14	■	6,12
	III	5,19	■	7,29	■■	6,24
	IV	5,28	■■	7,46	■■	6,37
	V	5,66	■■■	7,71	■■■	6,69
	VI	5,76	■■■■	7,87	■■■■	6,82
	VII	5,83	■■■■	7,88	■■■■	6,86
Середнє по фактору <i>A</i>	Р7818	4,92	■	6,75	■	5,84
	ДКС3730	5,24	■■	7,23	■■	6,24
	ДКС4541	6,03	■■■	8,45	■■■	7,24
Середнє по досліді		5,40	—	7,48	—	6,44

Примітка: * – зміст варіантів фактора В розкрито в пункті – Матеріал і методи дослідження.

** – однорідні групи показників біологічної врожайності зерна за проведенням статистичним аналізом з використанням рангового критерію.

*** – БУ – біологічна врожайність, т/га; РГ – рангова група.

Найбільших змін біологічна врожайність зерна кукурудзи зазнавала за впливу погодних умов. У 2024 р. у середньому по досліджуваних факторах вона становила 5,40 т/га, тимчасом у більш сприятливому 2025 р. – 7,48 т/га (розбіжність між показниками становила 2,08 т/га або 38,5 %).

З метою проведення порівняння досліджуваних варіантів позакоренових підживлень не лише порівняно з контролем, а й між собою, отримані показники біологічної врожайності зерна було оброблено статистичним методом з використанням рангового критерію Дункана. На підставі цього аналізу, в погодних умовах обох років було встановлено істотну перевагу проведення двох позакоренових підживлень сумішшю всіх досліджуваних продуктів (6-й і 7-й варіанти).

Біологічна врожайність зерна у цих варіантах у середньому по гібридах була істотно вищою як порівняно з контролем, так і з іншими варіантами позакоренових підживлень. Водночас власне між цими варіантами істотної різниці не встановлено. За проведенням статистичним аналізом показники біологічної врожайності на цих варіантах (6-й і 7-й) належали до найвищої рангової групи.

Доведено високу ефективність додавання до бакового розчину антистресового продукту Квантум АміноМакс в погодних умовах обох років, однак вищий ефект його застосування був у менш сприятливих умовах 2024 р. Зокрема, завдяки додаванню до бакового розчину цього продукту, біологічна врожайність зерна кукурудзи в середньому по гібридах підвищувалася на 0,38 т/га або 7,2 % (різниця між 4-м і 5-м варіантами), тимчасом у більш сприятливому 2025 р. – на 0,25 т/га або 3,5 %. Біологічна врожайність зерна кукурудзи в середньому по гібридах у варіанті додавання антистресанту належала до третьої рангової групи, тобто істотно перевищувала показники на 1–4-му варіантах, однак істотно поступалася варіантам з проведенням позакоренових підживлень баковими розчинами з додаванням цинкового добрива Partner (6-й і 7-й варіанти).

Аналіз часткових порівнянь показників біологічної врожайності зерна за впливу позакоренових підживлень у розрізі гібридів показав певні розбіжності. Зокрема, лише в 2024 р. на посівах гібрида ДКС4541 за умови проведення двох позакоренових підживлень розчинами з додаванням добрива Partner відмічено істотний приріст біологічної вро-

жайності зерна порівняно з усіма іншими досліджуваними варіантами. Додавання до бакового розчину цинкового добрива Partner не забезпечувало істотної різниці за біологічною врожайністю зерна гібридів Р7818 і ДКС3730 порівняно з 5-м варіантом ні в 2024, ні 2025 р. Водночас, спостерігалася позитивна тенденція її підвищення.

Варіанти з проведенням одного позакоренового підживлення баковими розчинами на основі суміші карбаміду з комплексним водорозчинним добривом Nanovit (2-й і 3-й) в погодних умовах обох років не забезпечували істотного підвищення біологічної врожайності зерна порівняно з контролем. Натомість два позакоренові підживлення сумішшю цих продуктів (без додавання антистресанту та цинкового добрива Partner) забезпечували істотний приріст біологічної врожайності зерна всіх гібридів кукурудзи в погодних умовах обох років.

Висновки. У результаті досліджень отримано нові знання щодо впливу позакоренових підживлень різними видами водорозчинних добрив і антистресантів на формування елементів продуктивності та біологічну врожайність зерна гібридів кукурудзи з різною тривалістю вегетації в умовах Правобережного Лісостепу України.

За впливом на формування ключових елементів продуктивності рослин (кількості та маси зерна з одного качана) та біологічної врожайності зерна, оптимальним виявився варіант з проведенням двох позакоренових підживлень сумішшю карбаміду (N_{21}), комплексного добрива Nanovit кукурудза (1,5 л/га) і антистресового продукту Квантум АміноМакс 200 (1,0 л/га). У середньому за два роки досліджень, кількість зерен в одному качані кукурудзи гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у цьому варіанті була на 5,5; 6,8 і 4,6 %, а маса зерна з одного качана – на 7,2; 8,2 і 6,2 % відповідно вищою, ніж на контролі.

Біологічна врожайність зерна зазнавала найбільшого впливу позакоренових підживлень, оскільки вони сприяли формуванню вищих показників продуктивності рослини – з одного боку, і збереженню більшої кількості рослин кукурудзи на момент збирання – з іншого. У результаті проведення двох підживлень сумішшю карбаміду, комплексного добрива Nanovit кукурудза (1,5 л/га) і антистресанту Квантум АміноМакс біологічна врожайність зерна гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 порівняно з контролем

підвищувалася на 0,67 т/га (14,8 %), 0,69 т/га (14,3 %), 0,72 т/га (12,9 %) – у 2024 р. і на 0,64 т/га (10,2 %), 0,73 т/га (10,8 %) і 0,80 т/га (10,0 %) відповідно – у 2025 р. Додавання до бакового розчину цинкового добрива Partner не забезпечувало істотного підвищення біологічної врожайності зерна жодного з досліджуваних гібридів. Спостерігалася лише статистично не доведена позитивна тенденція її підвищення.

Проведення двох позакоренових підживлень розчинами без додавання антистресанту Квантум АміноМакс 200 також забезпечувало істотне підвищення біологічної врожайності зерна кукурудзи всіх гібридів порівняно з контролем, проте істотно поступалося варіантам на яких до бакового розчину додавали антистресант і цинкове добриво Partner.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні більш широкого спектру продуктів для проведення позакоренових підживлень, визначенні оптимальних варіантів їх застосування з урахуванням специфіки вирощуваних гібридів, погодних умов вегетації й інших складових елементів системи живлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Юрченко С.О., Степаненко Б.В., Хачатурян А.Е. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від їх групи стиглості. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 66–71.
2. Любич В.В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1(97). С. 32–44. DOI: 10.31395/2415-8240.2020-97-1-32-44
3. Мокрієнко В. Адаптивні гібриди кукурудзи Roots Power для посушливих умов. *Зерно*. 2015. № 10. С. 54–56.
4. Кривенко А.І., Марткоплішвілі М.М. Особливості формування урожайності кукурудзи залежно від впливу елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. № 28. С. 201–209. DOI: 10.47414/np.28.2020.230241
5. Телеванюк Б.І. Вплив біологізації системи живлення та густоти рослин на формування продуктивності рослин кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 111–116. DOI: 10.32848/agra.innov.2024.28.17
6. Басюк П.Л., Грабовський М.Б. Динаміка зміни вмісту та урожайності сухої речовини у рослинах кукурудзи у разі застосування мікродобрив та регуляторів росту. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 8–17. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-8-17
7. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакоренових підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76.
8. Сидякіна О.В., Іванів О.О. Сучасний стан і перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С. 225–234. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.33
9. Kaur H., Kaur H., Kaur H., Srivastava S. The beneficial roles of trace and ultra trace elements in plants. *Plant Growth Regulation*. 2023. No 100(2). P. 219–236. DOI: 10.1007/s10725-022-00837-6
10. Паламарчук В.Д., Коваленко О.А. Вплив позакоренових підживлень на рівень передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи. *Зрошувальне землеробство*. Херсон, 2018. Вип. 69. С. 58–63.
11. Ласло О.О., Олєпир Р.В. Ефективність комплексного удобрення в технології вирощування кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 170–177. DOI: 10.32782/naturaljournal.11.2025.18
12. Іванів М.О., Сидякіна О.В., Гамула Є.А. Вплив густоти рослин та позакоренових підживлень мікродобривами на врожайність гібридів кукурудзи марки Декалб в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 59–66. DOI: 10.32848/agra.innov.2025.31.10
13. Єрмакова Л.М., Крестьянінов Є.В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 63–65.
14. Паламарчук В.Д. Вплив позакоренових підживлень на стійкість гібридів кукурудзи до вилягання. *Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 14–25.
15. Дудка М., Черчель В. Позакоренове підживлення: необхідність чи альтернатива? *Пропозиції*. 2014. № 6. С. 64–69.
16. Крамарьов С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакоренове підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. Дніпропетровськ*, 2000. № 12–13. С. 36–39.
17. Шинкарук Л.М. Вплив удобрення кукурудзи на біометричні показники та елементи структури урожаю кукурудзи в умовах західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 443–456.
18. Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Крестьянінов Є.В., Антал Т.В. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості на удобрення та економічна ефективність вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 106. С. 72–78.
19. Молдован Ж.А., Собчук С.І. Вплив строків сівби, густоти рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 31–38.

20. Штукін М.О., Оничко В.І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2013. № 11. С. 213–217.

21. Дослідна справа в агрономії / А.О. Рожков та ін. Харків: Майдан, 2016. Кн. 1. 300 с.

22. Рожков А.О., Каленська С.М., Пузік Л.М., Музафаров Н.М. Дослідна справа в агрономії. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Харків: Майдан, 2016. Кн. 2. 298 с.

23. Цилюрик О.І., Сологуб І.М. Ефективність стимуляторів росту рослин на кукурудзі в Північному Степу. Таврійський науковий вісник. 2023. № 130. С. 259–268. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.37

24. Шевченко Л.А., Токмакова Л.М. Формування і продуктивність фотосинтетичного апарату рослин кукурудзи за дії поліміксобактерину – стимулятора росту рослин. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій. Сільськогосподарські науки. 2018. Т. 20. № 89. С. 47–51. DOI: 10.32718/nvlvet8908

25. Tomashuk O.V., Kamenshchuk B.D. Photosynthetic productivity of maize crops under the influence of different farming systems in the Right-bank Forest-Steppe. Taurian Scientific Bulletin. 2018. Vol. 2. No 100. P. 91–97.

REFERENCES

1. Yurchenko, S.O., Stepanenko, B.V., Khachatryan, A.E. (2024). Urozhainist hibrydiv kukurudzy na zerno zalezno vid yikh hrupy styhlosti [Yield of grain corn hybrids depending on their maturity group]. Scientific Progress & Innovations. no. 27(4), pp. 66–71.

2. Liubych, V.V. (2020). Formuvannya produktyvnosti riznykh hibrydiv kukurudzy [Formation of productivity of different corn hybrids]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture]. no. 1(97), pp. 32–44. DOI: 10.31395/2415-8240 2020-97-1-32-44

3. Mokriienko, V. (2015). Adaptivni hibrydy kukurudzy Roots Power dlia posushlyvykh umov [Roots Power adaptive corn hybrids for dry conditions]. Zerno [Grain]. no. 10, pp. 54–56.

4. Kryvenko, A.I. Martkoplshvili, M.M. (2020). Osoblyvosti formuvannya urozhainosti kukurudzy zalezno vid vplyvu elementiv tekhnologii vyroshchuvannya [Features of corn yield formation depending on the influence of cultivation technology elements]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. no. 28, pp. 201–209. DOI: 10.47414/np.28.2020.230241

5. Televaniuk, B.I. (2024). Vplyv biolohizatsii systemy zhyvlennia ta hustoty roslyn na formuvan-

nia produktyvnosti roslyn kukurudzy [The influence of the biologization of the nutrition system and plant density on the formation of corn plant productivity]. Aharni innovatsii [Agricultural innovations]. no. 28, pp. 111–116. DOI: 10.32848/agar.innov.2024.28.17

6. Basiuk, P.L. Hrabovskyi, M.B. (2025). Dynamika zminy vmistu ta urozhainosti sukhoi recho-vyny u roslynakh kukurudzy u razi zastosuvannya mikrodobryv ta rehulatoriv rostu [Dynamics of changes in dry matter content and yield in corn plants when using microfertilizers and growth regulators]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 1, pp. 8–17. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-8-17

7. Palamarchuk, V.D. Demchuk, B.S. (2021). Rol pozakorenevyykh pidzhyvlen u suchasnykh tekhnolohiakh vyroshchuvannya zernovoi kukurudzy [The role of foliar fertilization in modern grain corn cultivation technologies]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry]. no. 20, pp. 60–76.

8. Sydiakina, O.V., Ivaniv, O.O. (2023). Suchasnyi stan i perspektyvy vyrobnytstva zerna kukurudzy [Current status and prospects for corn production]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. no. 130, pp. 225–234. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.33

9. Kaur, H., Kaur, H., Kaur, H., Srivastava, S. (2023). The beneficial roles of trace and ultra trace elements in plants. Plant Growth Regulation. no. 100(2), pp. 219–236. DOI: 10.1007/s10725-022-00837-6

10. Palamarchuk, V.D., Kovalenko, O.A. (2018). Vplyv pozakorenevyykh pidzhyvlen na riven peredzbyrnoi volohosti zerna hibrydiv kukurudzy [The effect of foliar fertilization on the pre-harvest moisture content of corn hybrids]. Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated agriculture]. Issue 69, pp. 58–63.

11. Laslo, O.O., Olepir, R.V. (2025). Efektyvnist kompleksnoho udobrennia v tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy [The effectiveness of complex fertilization in corn cultivation technology]. Ukrain-skyi zhurnal pryrodnychyykh nauk [Ukrainian Journal of Natural Sciences]. no. 11, pp. 170–177. DOI: 10.32782/natural journal.11.2025.18

12. Ivaniv, M.O., Sydiakina, O.V., Hamula, Ye.A. (2025). Vplyv hustoty roslyn ta pozakorenevyykh pidzhyvlen mikrodobryvamy na vrozhaunist hibrydiv kukurudzy marky Dekalb v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [The effect of plant density and foliar feeding with microfertilizers on the yield of Dekalb corn hybrids in the Northern Steppe of Ukraine]. Aharni innovatsii [Agricultural innovations]. no. 31, pp. 59–66. DOI: 10.32848/agar.innov.2025.31.10

13. Yermakova, L.M., Krestianinov, Ye.V. (2016). Urozhainist kukurudzy zalezno vid udobrennia ta hibrydu na temno-sirykh opidzolenykh gruntakh [Corn yield depending on fertilization and hybrid on dark gray podzolic soils]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii [Bulletin of Poltava State Agricultural Academy]. no. 4, pp. 63–65.

14. Palamarchuk, V.D. (2018). Vplyv pozakorenevych pidzhyvlen na stiikist hibrydiv kukurudzy do vyliahannia [Influence of foliar fertilization on the resistance of maize hybrids to lodging]. Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry]. no. 8, pp. 14–25.
15. Dudka, M., Cherchel, V. (2014). Pozakoreneve pidzhyvlennia: neobkhdnist chy alternatyva? [Foliar feeding: a necessity or an alternative?]. Propozyt-siia [Proffer]. no. 6, pp. 64–69.
16. Kramarov, S.M., Shevchenko, M.S., Shevchenko, V.M. (2000). Pozakoreneve pidzhyvlennia posiviv hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti. [Foliar feeding of crops of maize hybrids of different maturity groups]. Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN [Bulletin of the Institute of Grain Management of UAAS]. no. 12–13, pp. 36–39.
17. Shynkaruk, L.M. (2020). Vplyv udobrennia kukurudzy na biometrychni pokaznyky ta elementy struktury urozhaiu kukurudzy v umovakh zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of corn fertilizer on biometric indicators and elements of corn crop structure in the conditions of the western Forest-steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS [Collection of scientific works of Uman NUS]. Issue 96, Part 1, pp. 443–456.
18. Kalenska, S.M., Yermakova, L.M., Krestianinov, Ye.V., Antal, T.V. (2019). Reaktsiia hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti na udobrennia ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia [Reaction of maize hybrids of different maturity groups to fertilizers and economic efficiency of cultivation]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. no. 106, pp. 72–78.
19. Prysiazhniuk, L.M., Shovhun, O.O., Korol, L.V. (2016). Otsinka pokaznykiv stabilnosti y plastychnosti novykh hibrydiv kukurudzy (*Zea mays* L.) v umovakh Polissia ta Stepu Ukrainy [Estimation of indicators of stability and plasticity of new hybrids of corn (*Zea mays*) in the conditions of Polissya and Steppe of Ukraine]. Sortovyvchennia ta okhrona prav na sorty roslyn [Variety testing and protection of variety rights]. pp. 16–21.
20. Shtukin, M.O., Onychko, V.I. (2013). Osoblyvosti pid boru hibrydiv kukurudzy dlia umov pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Features of selection of corn hybrids for the conditions of the north-eastern Forest Steppe of Ukraine]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu [Bulletin of Sumy National Agrarian University]. no. 11, pp. 213–217.
21. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M., Puzik, L.M., Popov, S.I., Muzafarov, N.M., Bukhalo, V.Ya., Kryshchuk, Ye.A. (2016). Doslidna sprava v ahronomii [Research in agronomy]. Kharkiv, Maidan, Book 1, 300 p.
22. Rozhkov, A.O., Kalenska, S.M., Puzik, L.M., Muzafarov, N.M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii [Research in agronomy]. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen [Statistical processing of the results of agronomic research]. Kharkiv, Maidan, Book 2, 298 p.
23. Tsyliuryk, O.I., Solohub, I.M. (2023). Efektyvnist stymuliatoriv rostu roslyn na kukurudzi v Pivnichnomu Stepu [The effectiveness of plant growth stimulants on corn in the Northern Steppe]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavrian Scientific Bulletin]. no. 130, pp. 259–268. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.37
24. Shevchenko, L.A., Tokmakova, L.M. (2018). Formuvannia i produktyvnist fotosyntetichnoho aparatu roslyn kukurudzy za dii polimiksobakterynu – stymuliatora rostu roslyn [Formation and productivity of the photosynthetic apparatus of corn plants under the action of polymyxobacterin, a plant growth stimulator]. Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Silskohospodarski nauky [Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Agricultural Sciences]. Vol. 20, no. 89, pp. 47–51. DOI: 10.32718/nvlvet8908
25. Tomashuk, O.V., Kamenshchuk, B.D. (2018). Photosynthetic productivity of maize crops under the influence of different farming systems in the Right-bank Forest-Steppe. Tavrian Scientific Bulletin. Vol. 2, no. 100, pp. 91–97.

Formation of productivity elements of corn hybrids of different maturity groups depending on the effect of foliar fertilizers in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Storozhenko V., Rozhkov A.

The article presents the results of two years of research on the effect of foliar feeding with various combinations of water-soluble fertilizers and antistressants on the formation of plant productivity elements and the biological grain yield of corn hybrids of different maturity groups in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted in 2024 and 2025 at the «Horizon-2» farm in Bila Tserkva district of Kyiv region.

A two-factor field experiment was set up using the split-plot method in four replicates. The first-order plots were three corn hybrids of different maturity groups: 1 – P7818 (FAO 240); 2 – DKS3730 (FAO 280); 3 – DKS4541 (FAO 380). The second-order plots consisted of seven variants of foliar fertilization with solutions based on different types of water-soluble fertilizers with an anti-stress product. Feedings were carried out during microphases 14–16 and 16–18 on the BBCH scale. The area of the sowing plot was 140 m², and the accounting plot was 100 m².

In terms of its effect on the formation of key elements of plant productivity and the biological yield of corn grain, the best option was the one in which two foliar feedings were carried out with a mixture of urea (N₂₁), Nanovit corn complex fertilizer (1.5 l/

ha), and Quantum AminoMax antistressant (1.0 l/ha). On average, over two years of research the number of grains in one corn cob of hybrids P7818, DKS3730 and DKS4541 in this variant was 5.5 %, 6.8 %, and 4.6 % higher, respectively, than in the control, and their weight was on 7.2 %, 8.2 %, and 6.2 % higher.

In 2024, the biological grain yield of corn hybrids P7818, DKS3730, and DKS4541 in this variant was 0.67 t/ha (14.8 %), 0.69 t/ha (14.3 %), and 0.72 t/ha (12.9 %), respectively, higher than in the

control, and in 2025 – by 0.64 t/ha (10.2 %), 0.73 t/ha (10.8 %), and 0.80 t/ha (10.0 %), respectively.

Two foliar feedings with solutions without the adding the Quantum AminoMax 200 antistressant also provided a significant increase in the biological yield of corn grain of all hybrids compared to the control.

Key words: corn, complex fertilizers, antistressants, hybrid, biological yield, foliar feeding, productivity elements.



Copyright: Стороженко В.О., Рожков А.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Стороженко В.О.

Рожков А.О.

<https://orcid.org/0009-0003-3413-0196>

<https://orcid.org/0000-0001-9138-7973>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.63:631.52:575.125

Методи створення та гібридизаційний потенціал багаторосткових запилювачів буряків цукрових різної генетичної структури в селекції на гетерозис**Труш С.Г.** , **Парфенюк О.О.** ,
Баланюк Л.О. , **Татарчук В.М.** *Дослідна станція Київського аграрного університету НААН* Парфенюк О.О. E-mail: oksana_parfenyuk@ukr.net

Труш С.Г., Парфенюк О.О., Баланюк Л.О., Татарчук В.М. Методи створення та гібридизаційний потенціал багаторосткових запилювачів буряків цукрових різної генетичної структури в селекції на гетерозис. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 193–201.

Trush S., Parfeniuk O., Balaniuk L., Tatarchuk V. Methods for creation and hybridization potential of sugar beet multi-sprout pollinators of different genetic structure in selection for heterosis. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 193–201.

Рукопис отримано: 10.09.2025 р.

Прийнято: 25.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-193-201

Метою дослідження було вивчення методів створення та гібридизаційного потенціалу багаторосткових запилювачів буряків цукрових різної генетичної структури в селекції на гетерозис. Установлено, що динаміка прояву ознак продуктивності у багаторосткових запилювачів буряків цукрових різного рівня гомозиготності обумовлена методами їх створення і генетичним контролем відповідної ознаки. Найвищий прояв інбредної депресії в процесі близькородинного розмноження спостерігався за ознакою врожайності коренеплодів. За використання помірного інбридингу вона знижувалася до 89,4 % від вихідної популяції. Найвища базова врожайність коренеплодів була в запилювачів, сформованих з використанням рекурентного добору (98,1 %). Вміст цукру в коренеплодах багаторосткових запилювачів за всіма методами створення був у межах вихідних популяцій (99,6–99,8 %). Середній показник збору цукру з одиниці площі, залежно від методу, варіював у межах 89,4–98,2 %. Результати сорто випробування експериментальних гібридів буряків цукрових свідчать, що найбільш продуктивні гібриди було отримано на базі багаторосткових запилювачів, сформованих методами помірного інбридингу та рекурентного добору. Кращі багаторосткові запилювачі та найбільш продуктивні гібриди були отримані на базі популяцій врожайного (Е) і нормального (N) напрямів продуктивності (БЗ 15Ф/7, БЗ 1729/3 і БЗ 33/5). Вони є цінними для селекційної практики, як донори важливих селекційно-генетичних ознак. Помірний інбридинг та рекурентний добір на загальну комбінаційну здатність є ефективними методами створення нових генотипів рослин багаторосткових запилювачів різного рівня гомозиготності. Ці запилювачі забезпечують підвищення продуктивності гібридів на стерильній основі за збором цукру на 8–11 %. Як вихідний матеріал для формування нових генотипів рослин багаторосткових запилювачів більш ефективними є популяційні матеріали врожайного (Е) і нормального (N) типів продуктивності.

Ключові слова: буряки цукрові, вихідний матеріал, багаторостковий запилювач, гібрид, помірний інбридинг, багаторозовий індивідуально-родинний добір, рекурентний добір, гетерозис, гібридизаційний потенціал, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В умовах конкурентного ринкового середовища селекція є одним найрезультативніших та екологічно чистих чинників зростання виробництва продукції рослинництва. Вона через генотип рослин урізноманітнює їх сортові ресурси, підвищує біологічний потенціал продуктивності, збільшує валові збори сільськогосподарської продукції та поліпшує її якість [1, 2].

Основним напрямом досліджень в селекції буряків цукрових на гетерозис є створення високопродуктивних одноросткових гібридів на стерильній основі. Гетерозисна селекція потребує створення, оцінки та підбору компонентів на лінійному рівні, що є запорукою стабільного відтворення гібридних комбінацій за продуктивними властивостями, толерантністю до біотичних і абіотичних чинників, збереження однорідності за біоморфологічними ознаками та пластичністю до умов довкілля [3]. Вирішення цього питання не можливе без постійного поповнення колекції селекційних зразків різних форм буряків, створення банку генів практично значимих кількісних і якісних ознак, формування і вивчення батьківських компонентів за комплексом найбільш значимих селекційно-генетичних і господарсько-цінних ознак [4, 5].

Донедавна панувала думка, що продуктивність гібридів на стерильній основі визначає переважно селекційна цінність материнської форми (її комбінаційна здатність, одноростковість насіння, ступінь стерильності пилку, стійкість до ураження хворобами тощо). Однак, як свідчить практика, важливе значення у формуванні високої продуктивності ЦЧС гібридів буряків цукрових має також якість багаторосткового запилювача [6]. Насамперед, це його базова продуктивність, комбінаційна і репродуктивна здатність. Вони обумовлюють ефективність перезапилення, запліднення і в кінцевому результаті врожайність і якість гібридного насіння [7, 8].

Схеми селекційної роботи зі створення комбінаційно-здатних багаторосткових запилювачів буряків цукрових складні та досить тривалі за часом. Вони включають різні методи селекції, однак основними з них є інбридинг, багаторазовий індивідуально-родинний і рекурентний добори [9, 10].

За використання інбридингу та різних його форм створюють гомозиготні комбінаційно-здатні лінії багаторосткових запилювачів, що є запорукою стабільного відтворен-

ня гібридних комбінацій за продуктивними властивостями і збереження однорідності за біоморфологічними ознаками [11]. Однак, буряки цукрові є перехреснозапилююю культурою і в процесі 5–6 поколінь примусового самозапилення спостерігається значне пригнічення розвитку рослин, знижується їх продуктивність і репродуктивна здатність. Ці обставини обумовлюють використання в селекції помірних форм інбридингу (сібсові та напівсібсові схрещування), а як багаторосткових запилювачів – лінійні матеріали неглибоких поколінь інбридингу (3–4 самозапилення) [12, 13].

Багаторазовий індивідуально-родинний добір широко використовують в селекції багаторосткових запилювачів буряків цукрових. Основні положення індивідуального добору, розроблені Л. Вільмореном, базуються на тому, що генетична природа рослин в популяції різна, тому відібрані родоначальники розмножують ізольовано і насіння збирають окремо з кожної рослини. Аналіз потомств дозволяє відібрати найкращі родини для подальшого розмноження. У такий спосіб створюється можливість добирати рослини, у яких цінні ознаки закріплені генетично. У процесі багаторазових циклів добору створюється морфологічно вирівняний селекційний матеріал неглибоких поколінь інбридингу для використання в гетерозисній селекції буряків цукрових [13, 14].

За використання рекурентного добору на загальну комбінаційну здатність відібрані з вихідного матеріалу рослини в перший рік самозапиляють і одночасно схрещують з тестером. У подальшому проводять спостереження за ознаками, на які ведуть добір і оцінку гібридних потомств [4, 15].

За результатами оцінки гібридів на основі кращих вихідних форм створюють синтетичну популяцію першого циклу добору. Далі проводять наступні цикли добору. З кожним циклом самозапилення рослини дають все більш однорідне потомство, вирівняність і генетична мінливість якого залежить від проведених циклів добору. Це є комбінаційно-здатні звужені відносно гомозиготні популяції, які можуть слугувати як вихідним матеріалом для створення лінійних матеріалів, так і безпосередньо як батьківські компоненти за формування експериментальних гібридів буряків цукрових на стерильній основі [16, 17].

Для підвищення результативності досліджень у селекції буряків цукрових необхідний постійний пошук нових та удоскона-

лення наявних методів і схем ідентифікації, оцінки та добору вихідного матеріалу для формування батьківських компонентів гібридів на ЦЧС основі [3]. Тому, створення ліній багаторосткових запилювачів, встановлення критеріїв їх добору за базовою продуктивністю, репродуктивною здатністю та гібридизаційним потенціалом на різних етапах селекційного процесу є одним з важливих чинників подальшого підвищення продуктивного потенціалу гібридів буряків цукрових. [18].

Метою досліджень було вивчення методів створення та гібридизаційного потенціалу багаторосткових запилювачів буряків цукрових різної генетичної структури в селекції на гетерозис.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження проведено на Дослідній станції Київського аграрного університету НААН науковцями лабораторії селекції буряків цукрових і кормових впродовж 2014–2024 рр. Для проведення досліджень як вихідний матеріал використано п'ять комбінаційно-здатних диплоїдних багаторосткових популяцій буряків цукрових різного генетичного походження. Добір цінних генотипів рослин вели на попередньо вивчених за комбінаційною здатністю диплоїдних багаторосткових популяцій буряків цукрових БЗ 1729/3, БЗ 15Ф/7, БЗ 33/5, БЗ 76/10, БЗ 1710/6. Лінійні матеріали та звужені популяції багаторосткових запилювачів отримано за використання послаблених форм інбридингу (сібсові схрещування), багаторазового індивідуально-родинного і рекурентного доборів. Схрещування рослин проведено під парними бязевими ізоляторами і на просторово ізолюваних ділянках.

Батьківські компоненти та експериментальні гібриди буряків цукрових вивчено

згідно з методикою сортовипробування, розробленої науковцями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН [19]. Площа облікової ділянки в посівах сортовипробування – 10,8 м², повторність досліду триразова. Розміщення ділянок – рендомізоване. За стандарт використано вітчизняний гібрид буряків цукрових Атлант. Цитологічні дослідження якості пилку багаторосткових запилювачів буряків цукрових різної генетичної структури проведено за методикою Г.І. Ярмолук, З.І. Ширяєвої [20]. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень виконано за методикою В.О. Єщенко [21].

Результати дослідження та обговорення. Комплексні програми з селекції буряків цукрових на гетерозис включають різні методи і схеми, які постійно ускладнюються, змінюючи напрями та цілі наукових досліджень. Вивчення ефективності різних методів формування багаторосткових запилювачів буряків цукрових сприятиме поліпшенню якості та результативності селекційного процесу зі збагачення генофонду вихідного матеріалу і відповідно підвищенню генетичного потенціалу продуктивності вітчизняних гібридів буряків цукрових на стерильній основі.

Для проведення досліджень як вихідний матеріал використано п'ять комбінаційно-здатних диплоїдних багаторосткових популяцій буряків цукрових різного генетичного походження. За складовими елементами продуктивності вони також істотно різнилися (табл. 1). Популяція БЗ 15Ф/7 характеризувалася врожайним типом продуктивності (Е). Урожайність коренеплодів у неї була найвища (64,2 т/га), а вміст цукру в коренеплодах найнижчий (17,9 %).

Таблиця 1 – Характеристика вихідних багаторосткових популяцій буряків цукрових за продуктивністю, 2014–2016 рр.

Племінне позначення	Урожайність коренеплодів, т/га	Вміст цукру, %	Збір цукру, т/га	Відсоток до стандарту		
				урожайність коренеплодів, т/га	вміст цукру, %	збір цукру, т/га
БЗ 1729/3	59,5	18,5	11,0	98,0	97,9	95,7
БЗ 15Ф/7	64,2	17,9	11,5	105,8	94,7	100,0
БЗ 33/5	59,3	18,9	11,2	97,7	100,0	97,7
БЗ 76/10	57,1	19,3	11,0	94,1	102,1	95,7
БЗ 1710/6	58,9	18,8	11,1	97,0	99,5	96,5
НІР ₀₅	3,1	0,41	0,43	–	–	–
St Атлант	60,7	18,9	11,5	–	–	–

Популяція БЗ 76/10 була цукристого напрямку продуктивності (Z). За найвищого вмісту цукру в коренеплодах (19,3 %) урожайність в неї була найнижчою (57,1 т/га). Популяції БЗ 1729/3, БЗ 33/5 і БЗ 1710/6 характеризувалися нормальним типом продуктивності (N), який поєднував відносно високі показники врожайності коренеплодів і вмісту цукру в них. За комплексною ознакою збір цукру найвищий показник (11,5 т/га) був у популяції врожайного типу продуктивності БЗ 15Ф/7. На рівні стандарту за цим показником також були популяції БЗ 33/5 і БЗ 1710/6 (11,2 і 11,1 т/га).

За результатами індивідуальної поляризації коренеплодів з кожної вихідної популяції буряків цукрових за ознаками маса коренеплоду і вміст цукру відібрано по 50 шт. кращих коренеплодів "педігрі". На їх основі методом проведення чотирьох циклів помірного інбридингу (сібсові схрещування)

і багаторазового індивідуально-родинного добору та двох циклів рекурентного добору впродовж 2016–2022 рр. створено нові лінії та звужені популяції багаторосткових запилювачів буряків цукрових різного рівня гомозиготності. Далі, у попередньому сортовипробуванні, була проведена їх оцінка за проявом найбільш важливих господарсько-цінних ознак порівняно з вихідними популяціями.

Аналіз результатів досліджень свідчить, що динаміка прояву ознак урожайності коренеплодів, вміст цукру і збір цукру у багаторосткових запилювачів різного рівня гомозиготності була обумовлена методами їх створення і генетичним контролем відповідної ознаки (табл. 2). Загалом, за першими двома методами створення багаторосткових запилювачів буряків цукрових в процесі близькородинного розмноження спостерігалось зниження життєздатності рослин і відповідно їх базової продуктивності.

Таблиця 2 – Рівень базової продуктивності багаторосткових запилювачів буряків цукрових за різних методів створення, 2022–2024 рр.

Племінне позначення	Проаналізовано номерів, шт.	Прояв ознаки порівняно з вихідною популяцією, %		
		врожайність коренеплодів	вміст цукру	збір цукру
Помірний інбридинг				
БЗ 1729/3	17	89,7	98,4	88,4
БЗ 15Ф/7	14	93,0	95,7	89,3
БЗ 33/5	15	89,5	100,0	90,2
БЗ 76/10	15	86,0	103,2	89,1
БЗ 1710/6	15	88,9	101,1	90,2
$\bar{x}$	15	89,4	99,7	89,4
Багаторазовий індивідуально-родинний добір				
БЗ 1729/3	15	94,2	98,9	93,8
БЗ 15Ф/7	15	98,5	96,3	95,5
БЗ 33/5	14	93,8	100,5	94,6
БЗ 76/10	16	90,3	102,7	92,9
БЗ 1710/6	16	93,5	100,5	94,6
$\bar{x}$	15	94,1	99,8	94,3
Рекурентний добір				
БЗ 1729/3	4	98,3	98,9	97,3
БЗ 15Ф/7	4	102,5	96,8	99,1
БЗ 33/5	3	98,0	97,9	99,1
БЗ 76/10	4	94,3	103,2	97,3
БЗ 1710/6	13	97,2	101,1	98,2
$\bar{x}$	6	98,1	99,6	98,2
НІР ₀₅	—	5,0	2,3	2,8

У розрізі складових елементів продуктивності найбільш негативний вплив близькородинного розмноження спостерігався за ознакою урожайності коренеплодів. На вміст цукру в коренеплодах цей чинник істотно впливу не мав. Імовірно це обумовлено тим, що ця ознака контролюється меншою кількістю полімерних генів порівняно з врожайністю коренеплодів.

За комплексною ознакою збір цукру спостерігалася така ж тенденція що й за врожайністю коренеплодів. Найнижчий показник врожайності коренеплодів за всіма запилювачами спостерігався за використання помірного інбридингу. Він становив 89,4 % до вихідних популяцій. Найвища базова врожайність коренеплодів була в запилювачів, сформованих з використанням рекурентного добору на загальну комбінаційну здатність (98,1 %). Вміст цукру в коренеплодах багаторосткових запилювачів, за всіма методами створення, був у межах вихідних популяцій (99,6–99,8 %). Середній показник збору цукру з одиниці площі варіював від 89,4 % (помірний інбридинг) до 98,2 % (рекурентний добір) порівняно з вихідними популяціями.

Загалом, результати досліджень свідчать про істотний прояв інбредної депресії за врожайністю коренеплодів під час створення багаторосткових запилювачів буряків цукрових методами помірного інбридингу та багаторазового індивідуально-родинного добору. Виключенням є запилювачі, сформовані методом багаторазового індивідуально-родинного добору на базі популяції БЗ 15Ф/7 урожайного типу продуктивності. За вмістом цукру в коренеплодах вплив методів добору і

генотипу вихідної популяції був неістотний. За ознакою збір цукру вплив рекурентного добору був неістотний, а помірного інбридингу та багаторазового індивідуально-родинного добору навпаки.

Наступним етапом досліджень було вивчення репродуктивної здатності рослин багаторосткових запилювачів буряків цукрових, сформованих за використання різних методів селекції (табл. 3).

Результати досліджень свідчать, що найвищі фертильність (97,3 %) і життєздатність (94,1 %) пилку спостерігалися в рослин багаторосткових запилювачів, сформованих з використанням рекурентного добору. Найнижчими ці показники були в запилювачів, створених методом помірного інбридингу (90,8 і 81,4 %, відповідно). Якість пилку багаторосткових запилювачів отриманих на базі багаторазового індивідуально-родинного добору була також не досить високою. Кількість стерильного пилку в рослин становила 5,8 %, а його життєздатність 87,9 %. Відповідно, низька якість пилку цих запилювачів істотно вплинула й на посівні якості насіння. За використання помірного інбридингу середній показник схожості насіння за всіма запилювачами становив 89 % і був найнижчим серед трьох використаних методів селекції.

Тому, є актуальним питання вивчення впливу базової продуктивності та репродуктивної здатності багаторосткових запилювачів різної генетичної структури на рівень їх гібридизаційного потенціалу за формування експериментальних гібридів буряків цукрових на стерильній основі (табл. 4).

Таблиця 3 – Характеристика пилку і насіння рослин багаторосткових запилювачів буряків цукрових різних методів створення, 2022–2024 рр.

Метод створення селекційного матеріалу	Кількість вивчених номерів, шт.	Кількість проаналізованих пилкових зерен, шт.	З них:					Схожість насіння, %
			репродуктивна здатність пилку		якість пилку			
			фертильних	стерильних	життєздатний	маложиттє-здатний	нежиттєздатний	
Помірний інбридинг	78	19270	90,8	9,2	81,4	10,2	8,4	89
Багаторазовий індивідуально-родинний добір	80	22130	94,2	5,8	87,9	7,8	4,3	93
Рекурентний добір	62	17450	97,3	2,7	94,1	3,2	2,7	97

Таблиця 4 – Гібридизаційний потенціал багаторосткових запилювачів буряків цукрових різної генетичної структури, 2022–2024 рр.

Селекцій- ний номер	Проаналізовано експери- ментальних гібридів, шт.	Урожайність коренеплодів, т/га	Вміст цукру, %	Збір цукру, т/га	В % до стандарту		
					урожайність коренеплодів	вміст цукру	збір цукру
Помірний інбридинг							
БЗ 1729/3	10	64,1	19,1	12,2	107,3	101,6	109,0
БЗ 15Ф/7	7	66,6	18,6	12,4	111,5	98,9	110,3
БЗ 33/5	8	64,9	18,9	12,3	108,7	100,7	109,5
БЗ 76/10	8	62,1	19,5	12,1	104,1	103,6	107,8
БЗ 1710/6	9	64,3	19,2	12,3	107,7	101,9	109,7
$\bar{x}$	–	64,4	19,1	12,3	107,9	101,3	109,3
Багаторазовий індивідуально-родинний добір							
БЗ 1729/3	8	60,7	18,8	11,4	101,7	100,2	101,8
БЗ 15Ф/7	11	62,4	18,5	11,5	104,5	98,4	102,8
БЗ 33/5	9	60,1	18,8	11,3	100,7	100,1	100,8
БЗ 76/10	9	58,9	19,1	11,2	98,7	100,0	98,7
БЗ 1710/6	8	59,7	19,0	11,3	100,0	101,1	101,1
$\bar{x}$	–	60,4	18,8	11,4	101,1	100,0	101,0
Рекурентний добір							
БЗ 1729/3	7	63,9	19,0	12,1	107,0	101,3	108,4
БЗ 15Ф/7	9	67,3	18,6	12,5	112,7	99,2	111,8
БЗ 33/5	7	64,1	19,0	12,2	107,4	100,9	108,4
БЗ 76/10	8	62,0	19,5	12,1	103,3	103,9	107,3
БЗ 1710/6	6	63,7	19,2	12,2	106,7	102,2	109,0
$\bar{x}$	–	64,2	19,1	12,2	107,4	101,5	109,0
<i>НІР₀₅</i>	–	3,2	0,44	0,46	–	–	–
St Атлант	–	59,7	18,8	11,2	–	–	–

Результати сортовипробування експериментальних гібридів буряків цукрових свідчать, що найбільш продуктивні гібриди було отримано на базі багаторосткових запилювачів, сформованих методами помірного інбридингу та рекурентного добору. Середні показники врожайності коренеплодів і збору цукру за всіма гібридними комбінаціями у них істотно перевищували стандарт. Продуктивність експериментальних гібридів, створених з використанням багаторосткових запилювачів сформованих методом багаторазового індивідуально-родинного добору була в межах стандарту. Перевага багаторосткових запилювачів,

створених методом помірного інбридингу обумовлена високим рівнем гомозиготності генів, що контролюють прояв основних господарсько-цінних ознак. Це сприяє більш ефективному використанню прояву явища гетерозису в селекційній практиці. Навіть за рівня базової продуктивності цих запилювачів за збором цукру в межах 89,4 % до стандарту, компенсаційний комплекс генів у змозі погасити негативну дію інбредної депресії в батьківських компонентів на прояв ознак продуктивності в гібридному потомстві. Вища ефективність рекурентного добору полягає в більш комплексних підходах до створення нових генотипів рослин буря-

ків цукрових. Високий ефект гетерозису в гібридів тут обумовлений не лише рівнем гомозиготності багаторосткових запилювачів, а оптимальним поєднанням в генотипі високої базової продуктивності та підвищеного гібридизаційного потенціалу рослин.

Також необхідно констатувати високий вплив генотипу рослин вихідних популяцій на продуктивний і гібридизаційний потенціал багаторосткових запилювачів, створених на їх основі. Кращі багаторосткові запилювачі та найбільш продуктивні гібриди були отримані на базі популяцій врожайного (Е) і нормального (N) напрямів продуктивності (БЗ 15Ф/7, БЗ 1729/3 і БЗ 33/5). Вони є цінними для секційної практики, як донори важливих селекційно-генетичних ознак.

Висновки. Помірний інбридинг та рекурентний добір на ЗКЗ є ефективними методами створення нових генотипів рослин багаторосткових запилювачів різного рівня гомозиготності. Ці запилювачі забезпечують підвищення продуктивності гібридів на стерильній основі за збором цукру на 8–11 %. Як вихідний матеріал для формування нових генотипів рослин багаторосткових запилювачів більш ефективними є популяційні матеріали врожайного (Е) і нормального (N) типів продуктивності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Присяжнюк О.І., Присяжнюк Л.М., Мельник С.І., Гринів С.М. Буряки цукрові – селекція, насінництво та технологія вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. 310 с.
2. Буряківництво. Проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження / В.Ф. Зубенко та ін. Київ: НВП ТОВ «Альфа-стевія ЛТД», 2007. 486 с.
3. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Напрями, методи та стратегія розвитку селекції цукрових буряків. Цукрові буряки. 2015. № 6. С. 7–9.
4. Мазур В.О. Селекція і насінництво польових культур. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 348 с.
5. Labroo M.R., Studer A.J., Rutkoski J.E. Heterosis and Hybrid Crop Breeding: A Multidisciplinary Review. *Front. Genet.* 2021. Vol. 12. 643761. DOI: 10.3389/fgene.2021.643761
6. Корнєєва М.О. Роль багатонасінних запилювачів цукрових буряків у формуванні гетерозису гібридів на чоловічостерильній основі. Наукові праці Інституту цукрових буряків: зб. наук. праць. Київ, 2010. Вип. 11. С. 197–208.
7. Роїк М.В., Присяжнюк О.І., Кононюк Н.О., Кулик О.Г. Особливості формування продуктивності гібридів буряків цукрових вітчизняної селекції. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2020. № 16 (3). С. 277–283. DOI: 10.21498/2518-1017.16.3.2020.214929
8. Труш С.Г., Парфенюк О.О., Баланюк Л.О., Татарчук В.М. Закономірності успадкування господарсько-цінних ознак простими цитоплазматичними чоловічо-стерильними гібридами буряка цукрового. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика.* 2023. Вип. 3 (9). С. 105–112. DOI: 10.54651/agri.2023.03.12
9. Fasahat P., Rajabi A., Rad J.M. Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Biom Biostat Int J.* 2016. Vol. 4. Issue 1. P. 1–22. DOI: 10.15406/bbij.2016.04.00085
10. Biancardi E., Campbell L., Skaracis G., Biaggi M. *Genetics and Breeding of Sugar Beet.* Science Publishers Inc. Enfield, New Hampshire. 2005. P. 173–206. DOI: 10.1201/9781482280296
11. McGrath J.M., Panella L. Sugar Beet Breeding. *Plant Breeding Reviews.* 2018. 42. P. 167–218. DOI: 10.1002/9781119521358.ch5
12. Чекалін М.М., Тищенко В.М., Баташова М.Є. Селекція та генетика окремих культур. Полтава, 2008. 368 с.
13. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Селекція буряків цукрових. Спеціальна селекція польових культур / за ред. М.Я. Молоцького. Біла Церква, 2010. С. 280–285.
14. Trush S.G., Parfeniuk O.O., Balaniuk L.O., Tatarchuk V.M. Efficiency of different cycles of multiple individual-family selection in the breeding of multi-sprout sugar beet pollinators. *Plant Breeding and Seed Production.* 2021. Issue 120. P. 53–61. DOI: 10.30835/2413-7510.2021.251037
15. Васильківський С.П., Кочмарський В.С. Селекція і насінництво польових культур. Біла Церква, 2016. 376 с.
16. Дубчак О.В., Андрєєва Л.С., Вакуленко П.І., Паламарчук Л.Ю. Створення гібридів цукрових буряків нового покоління. *Агробіологія.* 2021. № 1. С. 32–40. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-32-40
17. Sugar Beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* L.) Improvement with Next-Generation Breeding Technology / C. De Lucchi et al. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops.* Cham: Springer, 2021. P. 305–343. DOI: 10.1007/978-3-030-66965-2_8
18. Труш С.Г., Парфенюк О.О., Баланюк Л.О., Татарчук В.М. Використання комплексних підходів добору цінних генотипів рослин буряків цукрових за створення батьківських компонентів гібридів на ЦЧС основі. *Вісник аграрної науки.* 2022. № 2 (827). С. 50–57. DOI: 10.31073/agrovisnyk202202-07
19. Методики проведення досліджень у буряківництві / М.В. Роїк та ін. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. С. 24–345.
20. Ярмолук Г.І., Ширяєва Е.І. Цитологічні та цитоембріологічні дослідження в селекції цукрових буряків: метод. рекомендації. Київ: Наукова думка, 1982. С. 4–54.
21. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 352 с.

REFERENCES

1. Prysiashniuk, O.I., Prysiashniuk, L.M., Melnyk, S.I., Hryniv, S.M. (2022). Buriaky tsukrovi – selektsiia, nasinnytstvo ta tekhnolohiia vyroshchuvannia [Sugar beets – breeding, seed production and growing technology]. Vinnytsia, LLC "Tvory", 310 p.
2. Zubenko, V.F., Roik, M.V., Ivashchenko, O.O., Gizbulin, N.G. (2007). Buriakivnytstvo. Problemy intensyfikatsii ta resursozberezhennia [Beet growing. Problems of intensification and resource conservation]. Kyiv, Alfa-stevia LTD, 486 p.
3. Roik, M.V., Korneeva, M.O. (2015). Napryamy, metody ta stratehiya rozvytku selektsiinyi tsukrovykh buryakiv [Directions, methods and strategy of development of sugar beet selection]. Tsukrovi buryaky [Sugar beets]. no. 6, pp. 7–9.
4. Mazur, V.O. (2020). Seleksiia i nasinnytstvo polovykh kultur [Plant breeding and seed production of field crops]. Vinnytsia, LLC "Tvory", 348 p.
5. Labroo, M.R., Studer, A.J., Rutkoski, J.E. (2021). Heterosis and Hybrid Crop Breeding: A Multidisciplinary Review. *Front. Genet.* Vol. 12. 643761. DOI: 10.3389/fgene.2021.643761
6. Korneeva, M.O. (2010). Rol bahatonasinnykh zapyliuvachiv tsukrovykh buriakiv u formuvanni heterozyssu hibrydiv na cholovichosterylnii osnovi [The role of multi-seeded pollinators of sugar beets in the formation of heterosis of hybrids on a male-sterile basis]. *Naukovi pratsi Instytutu tsukrovykh buriakiv* [Scientific works of the Institute of Sugar Beet]. Kyiv, Issue 11, pp. 197–208.
7. Roik, M.V., Prysiashniuk, O.I., Kononiuk, N.O., Kulik, O.H. (2020). Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti hibrydiv buriakiv tsukrovykh vitchyznianoï selektsii [Features of formation of productivity of sugar beets hybrids of domestic breeding]. *Plant Varieties Studying and Protection.* no. 16 (3), pp. 277–283. DOI: 10.21498/2518-1017.16.3.2020.214929.
8. Trush, S.G., Parfeniuk, O.O., Balaniuk, L.O., Tatarchuk, V.M. (2023). Zakonomirnosti uspadkuvannia hospodarsko-tsinnnykh oznak prostymy tsytoplazmatychnymy cholovichosterylnymy hibrydamy buriaka tsukrovoho [Inheritance regularities of economic and valuable traits in selection of sugar beet simple cytoplasmic male sterile hybrids]. *Zemlerobstvo ta roslinnytstvo: teoriia i praktyka* [Agriculture and plant sciences: theory and practice]. no. 3 (9), pp. 105–112. DOI: 10.54651/agri.2023.03.12
9. Fasahat, P., Rajabi, A., Rad, J.M. (2016). Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Biom Biostat Int J.* Vol. 4, Issue 1, pp. 1–22. DOI: 10.15406/bbij.2016.04.00085
10. Biancardi, E., Campbell, L., Skaracis, G., Biaggi, M. (2005). Genetics and Breeding of Sugar Beet. Science Publishers Inc. Enfield, New Hampshire. pp. 173–206. DOI: 10.1201/9781482280296.
11. McGrath, J.M., Panella, L. (2018). Sugar Beet Breeding. *Plant Breeding Reviews.* no. 42, pp. 167–218. DOI: 10.1002/9781119521358.ch5
12. Chekalin, M.M., Tyshchenko, V.M., Batashova, M.Ye. (2008). Seleksiya ta henetyka okremykh kultur [Selection and genetics of individual cultures]. Poltava, 368 p.
13. Roik, M.V., Korneeva, M.O. (2010). Seleksiya buryakiv tsukrovykh [Selection of sugar beets]. *Spetsialna seleksiya polovykh kultur* [Special selection of field crops]. Bila Tserkva, pp. 280–285.
14. Trush, S.G., Parfeniuk, O.O., Balaniuk, L.O., Tatarchuk, V.M. (2021). Efficiency of different cycles of multiple individual-family selection in the breeding of multi-sprout sugar beet pollinators. *Plant Breeding and Seed Production.* Issue 120, pp. 53–61. DOI: 10.30835/2413-7510.2021.251037
15. Vasylykivskyi, S.P., Kochmarskyi, V.S. (2016). Seleksiia i nasinnytstvo polovykh kultur [Breeding and seed production of field crops]. Bila Tserkva, 376 p.
16. Dubchak, O., Andreyeva, L., Vakulenko, P., Palamarchuk, L. (2021). Stvorennia hibrydiv tsukrovykh buriakiv novoho pokolinnia [Creation of new generation sugar beet hybrids]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 1, pp. 32–40. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-32-40
17. De Lucchi, C., Biancardi, E., Skaracis, G. (2021). Sugar Beet (*Beta vulgaris ssp. vulgaris* L.) Improvement with Next-Generation Breeding Technology. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops.* Cham: Springer. pp. 305–343. DOI: 10.1007/978-3-030-66965-2_8
18. Trush, S.G., Parfeniuk, O.O., Balaniuk, L.O., Tatarchuk, V.M. (2022). Vykorystannia kompleksnykh pidkhodiv doboru tsinnnykh henotypiv roslin buriakiv tsukrovykh za stvorennia batkivskykh komponentiv hibrydiv na TsChS osnovi [Use of complex approaches to selection of valuable genotypes of sugar beet plants for the creation of parental components of hybrids on a CMS basis]. *Visnyk ahrarynoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 2 (827), pp. 50–57. DOI: 10.31073/agrovisnyk202202-07
19. Roik, M.V., Gizbulin, N.G., Sinchenko, V.M., Prysiashniuk, O.I. (2014). Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of conducting research in beet growing]. Kyiv, FOP Korzun D.Yu., pp. 24–345.
20. Yarmolyuk, G.I., Shiryayeva, E.I. (1982). Tsitologicheskii i tsitoembriologicheskii issledovaniya v selektsii sakharnoi svekli: metod. rekomend [Cytological and cytoembryological studies in sugar beet breeding]. Kyiv, Scientific thought, pp. 4–54.
21. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.G., Kostogryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, Edelveis i K, 352 p.

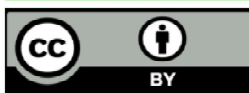
Methods for creation and hybridization potential of sugar beet multi-sprout pollinators of different genetic structure in selection for heterosis
Trush S., Parfeniuk O., Balaniuk L., Tatarchuk V.

The aim of the research was to study the creation methods and hybridization potential of sugar beet multi-sprout pollinators of different genetic structure in selection for heterosis. It has been established that

the dynamics of productivity traits manifestation in multi-sprout pollinators of sugar beet of different levels of homozygosity is determined by the methods of their creation and genetic control of the corresponding trait. The highest manifestation of inbreeding depression in the process of close-related reproduction was observed for the trait of root crop yield. When using moderate inbreeding, it decreased to 89.4 % of the original population. The highest basic root crops yield was in pollinators formed using recurrent selection (98.1 %). The sugar content in root crops of multi-sprout pollinators by all methods of creation was within the initial populations (99.6–99.8 %). The average sugar yield per unit area, depending on the method, varied within 89.4–98.2 %. The results of variety testing of experimental sugar beet hybrids indicate that the most productive hybrids were obtained on the basis of multi-sprout pollinators formed by the methods of moderate inbreeding and recurrent selec-

tion. The best multi-sprout pollinators and the most productive hybrids were obtained on the basis of populations of productive (E) and normal (N) directions of productivity (BZ 15F/7, BZ 1729/3 and BZ 33/5). They are valuable for breeding practice as donors of important breeding and genetic traits. Moderate inbreeding and recurrent selection for general combinative ability are effective methods for creating new genotypes of polyploid pollinators with varying levels of homozygosity. These pollinators increase the productivity of sterile hybrids by 8-11 %. Population materials of high-yielding (E) and normal (N) types of productivity are more effective as source material for the formation of new genotypes of multi-stem pollinators.

Key words: sugar beet, source material, multi-shoot pollinator, hybrid, moderate inbreeding, multiple individual-family selection, recurrent selection, heterosis, hybridization potential, productivity.



Copyright: Труш С.Г. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Труш С.Г.

<https://orcid.org/0000-0002-0968-6358>

Парфенюк О.О.

<https://orcid.org/0000-0002-2348-4904>

Баланюк Л.О.

<https://orcid.org/0009-0005-4311-0255>

Татарчук В.М.

<https://orcid.org/0009-0005-0380-8771>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.11«321»:575.222.7: 575.1:632.4(292.485:477)

Успадкування стійкості F_1 пшениці ярої до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. та *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. в умовах Лісостепу України

Федоренко М.В. , **Федоренко І.В.** ,
Близнюк Р.М. , **Шадчина Т.М.** 

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

 E-mail: ira_mip@ukr.net



Федоренко М.В., Федоренко І.В., Близнюк Р.М., Шадчина Т.М. Успадкування стійкості F_1 пшениці ярої до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. та *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. в умовах Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 202–210.

Fedorenko M., Fedorenko I., Blyzniuk R., Shadchyna T. Inheritance resistance of F_1 spring wheat to *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. and *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. in the Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 202–210.

Рукопис отримано: 09.07.2025 р.

Прийнято: 24.07.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-202-210

Дослідження прояву успадкування рівня стійкості до листкових грибних хвороб в гібридів першого покоління пшениці м'якої та твердої ярої є актуальним завданням під час створення високостійких сортів. Мета роботи передбачала встановити ступінь фенотипового домінування та рівень гетерозису за стійкістю до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. і *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. у F_1 пшениці ярої. Дослідження проведено у 2023–2024 рр. в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН України. Матеріалом для досліджень слугували 20 F_1 пшениці ярої, отриманих від схрещування зразків різного еколого-географічного походження. Використано селекційний, польовий та математично-статистичні методи. Встановлено, що за стійкістю до борошнистої роси та бурої листової іржі гібридні комбінації пшениці ярої проявили різний ступінь успадкування – від депресії до наддомінування, залежно від підбору пар для гібридизації (гібридні комбінації пшениці твердої ярої порівняно з м'якою ярою проявили вищу стійкість до листових грибних хвороб), так і від умов року (вищий бал стійкості спостерігали у 2024 р. порівняно з 2023 р.). Цінність для селекційної роботи становлять комбінації пшениці м'якої ярої Хунзхе 9/МІП Олександра, А2/Елегія миронівська, Yaouyaan 448/Дубравка, Gingchun 533/Струна миронівська, Moyin 2/МІП Злата та твердої ярої МІП Ксенія/МІП Магдалена, МІП Магдалена/MUSK DUKEN, МІП Райдужна/Neodur, які характеризувались групою стійкості *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. та *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob., що можуть слугувати високостійким вихідним матеріалом. Найбільш невдалими виявились поєднання батьківських форм у гібридних комбінаціях пшениці м'якої ярої Hingchun 26/МІП Світлана, Трізо/МІП Веснянка, МІП Веснянка/Лінія 15-36, оскільки вони зумовили прояв депресії, часткове від'ємне та проміжне успадкування.

Ключові слова: пшениця м'яка і тверда яра, F_1 , успадкування, стійкість, борошниста роса, бура листової іржі, ступінь фенотипового домінування, селекція.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Створення сортів, що поєднують високий потенціал врожайності з генетично детермінованою стійкістю до збудників хвороб є одним з найактуальніших завдань в селекції пшениці [1–4]. В Україні (особливо

зона Лісостепу) розповсюджені основні листові хвороби – борошниста роса (*Erysiphe graminis* D.C. f. sp. *tritici* Marchal), бура іржа (*Puccinia recondita* Rob. ek. Desm. f. sp. *tritici*) [5]. Останніми роками значно зросла ураженість борошнистою росою та бурою іржею

рослин пшениці, що створює необхідність більш інтенсивного впровадження у виробництво стійких до патогенів сортів. У процесі їх створення перед селекціонерами виникає низка труднощів. Вони обумовлені насамперед відсутністю широкого різноманіття донорів їх стійкості. Крім того, висока мінливість патогенів призводить до швидкої втрати стійкості новостворених сортів [5, 6]. З урахуванням високої шкодочинності цих захворювань важливе значення має підвищення рівня стійкості нових сортів. Для успішної селекційної роботи в цьому напрямку необхідна наявність високостійкого вихідного матеріалу. Огляд сучасної літератури [7–9] свідчить, що підвищити стійкість пшениці до збудників основних хвороб можливо завдяки використанню генофонду стійких форм. Селекціонери цікавлять, насамперед, стійкі колекційні зразки, виявлені серед різноманіття світової колекції генетичних ресурсів пшениці, що дають можливість використати досягнення селекції у створенні комплексно стійких сортів. Селекція на імунітет ґрунтується на тих самих принципах, що й на інші ознаки, однак вона значно складніша і має свою специфіку. Дослідження кількісних ознак, що контролюються полімерними генами, ускладнюється їх надзвичайною мінливістю, що зумовлюється умовами середовища, а загальна картина їх успадкування і мінливості маскується модифікуючою дією гетерозису F_1 . Вивчення ступеня фенотипового домінування підтверджує можливість його застосування для підбору пар схрещування, також для швидкої оцінки гібридних нащадків [10].

Г.Г. Базалій та ін. [11] встановлено ступінь прояву генетичного контролю та особливості успадкування стійкості до бурої іржі, борошнистої роси та септоріозу листя. Виявлено, що селекційну цінність мають гібридні комбінації з домінантним моногенним контролем стійкості, а також з комплементарною та епістатичною взаємодіями домінантних генів. Особливо цінною є інформація про донорські властивості окремих сортів, які одноразово, постійно або багаторазово використовують як батьківські форми гібридів, а також про структуру наявних гібридних популяцій за стійкістю-сприйнятливістю до різних хвороб, зокрема до борошнистої роси і бурої іржі, що дозволить підвищити ефективність створення резистентних сортів пшениці [12–14]. Однак досліджень, присвячених пшениці м'якій та твердій ярій, недостатньо, що й обумовлює потребу в їх проведенні.

Отже, формування стійкості до збудників хвороб у ранніх поколіннях гібридів є актуальним напрямом досліджень, оскільки його

вирішення дає можливість прогнозувати селекційну цінність гібридних нащадків.

Мета досліджень передбачала встановити ступінь фенотипового домінування та рівень гетерозису за стійкістю до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. і *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. у F_1 пшениці м'якої та твердої ярої.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено у 2023 та 2024 рр. в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Матеріалом для досліджень слугували 20 гібридних комбінацій, отриманих від схрещування зразків різного еколого-географічного походження пшениці м'якої та твердої ярої. Насіння гібридів та батьківських форм висівали вручну в гібридному розсаднику за схемою материнська форма – F_1 – батьківська форма з міжряддям 15 см. Попередник – соя. Фенологічні спостереження проводили згідно з методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур [15]. Стійкість рослин до збудників хвороб оцінювали у фазу молочної стиглості, використовували 9-бальну шкалу, де: 9 балів – 0 % ураженого листка – дуже висока стійкість (імунітет); 8 балів – ураження до 5 % – висока стійкість; 7 балів – до 10 % – стійкість; 6 балів – до 15 % – слабка сприйнятливість; 5 балів – до 25 % – сприйнятливість [16]. Для якісної характеристики сприятливості умов середовища вираховували гідротермічний коефіцієнт [17]. Ступінь фенотипового домінування ознак (h_p) визначали за формулою В. Griffing [18]: $h_p = (F_1 - M_p) / (P_{\max} - M_p)$, де h_p – ступінь фенотипового домінування; F_1 – значення ознаки у гібрида; M_p – середнє значення обох батьків; $P_{\max}$ – найбільше значення одного з батьків. Групування отриманих даних проводили відповідно до класифікації G.M. Beil, R.E. Atkins [19]. Прояв гетерозису визначали за D.F. Matzinger et al. [20] та S. Fonseca, F. Patterson [21].

Результати дослідження та обговорення. За роки проведення досліджень погодні умови виявилися сприятливими для росту й розвитку рослин пшениці м'якої та твердої ярої (рис. 1). У період сівби – сходи середньодобова температура повітря як у 2023 р. так і 2024 р. перевищувала середньобаторічні показники на 1,2 та 3,1 °C і спостерігався надлишковий рівень зволоження – ГТК = 3,47 та 2,82 відповідно (рис. 2). У міжфазний період сходи – вихід в трубку середньодобова температура повітря знаходилася в межах середньобаторічної норми, а саме +12,5 °C (2023 р.) та +13,4 °C (2024 р.). Опадів випало на рівні середньобаторічної норми – 58,0 мм (2023 р. – 57,4 мм; 2024 р. – 71,5 мм).

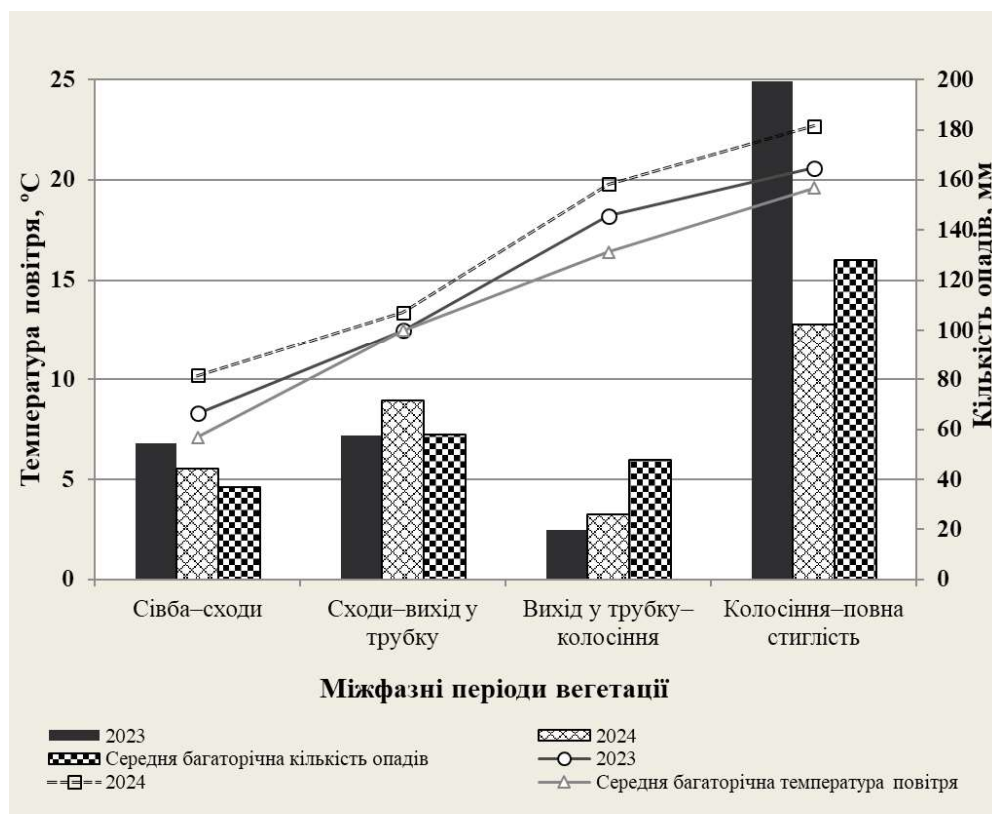


Рис. 1. Гідротермічні умови за періоди вегетації пшениці ярої, 2023–2024 рр.

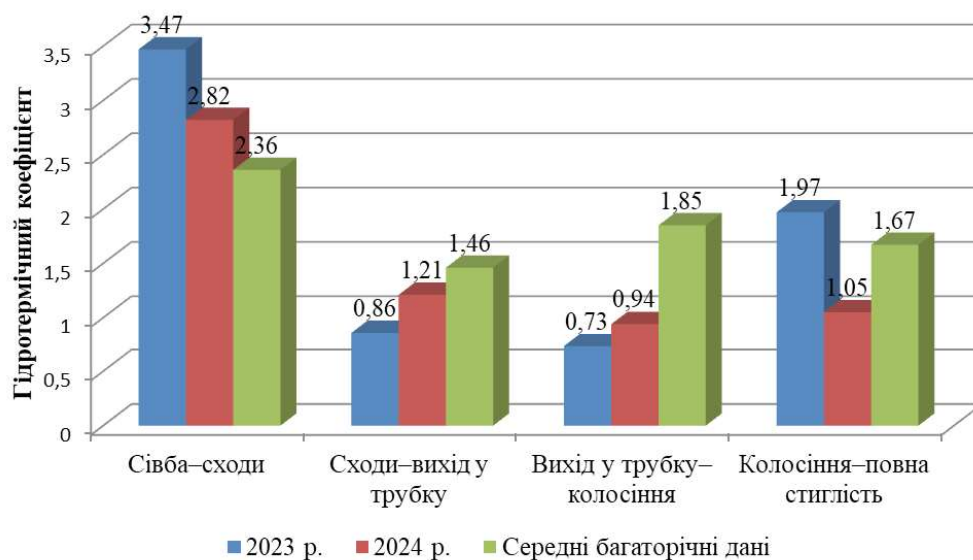


Рис. 2. Гідротермічний коефіцієнт за періоди вегетації пшениці ярої, 2023–2024 рр.

У період від виходу у трубку до колосіння температура повітря у 2023 р. знаходилась на рівні +18,2 °C, у 2024 р. – +19,8 °C, що вище середньобагаторічної норми на 1,8 та 3,4 °C відповідно. Опадів у цей період випало 19,9 та 26,1 мм, що нижче від середньобагаторічної

норми у 2,0 рази, а гідротермічний коефіцієнт знаходився на рівні – 0,73 та 0,94 відповідно.

У період колосіння – повна стиглість температура повітря у 2023 р. знаходилась на позначці +20,6 °C, у 2024 р. – +22,7 °C, що вище середньобагаторічних даних. Опадів у

2023 р. випало 199,2 мм, що у 1,5 рази вище середньобогаторічної норми (128,0 мм), а у 2024 р. – 102,4 мм, що нижче середньобогаторічної норми.

За вегетаційний період 2023 р. та 2024 р. гідротермічний коефіцієнт відповідав оптимальним умовам зволоження – 1,34 та 1,22 відповідно (рис. 2).

За результатами досліджень впродовж 2023–2024 рр. вивчено 20 гібридних комбінацій отриманих від схрещування зразків різного еколого-географічного походження пшениці м'якої та твердої ярої. До гібридизації залучали сортозразки, які характеризувалися різним ступенем стійкості до борошнистої роси та бурої листової іржі, що дало можливість створити генетичне середовище для широкого формоутворення. Встановлено, що за стійкістю до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. F₁ пшениці м'якої ярої проявили різний сту-

пінь успадкування – від депресії (hp = -1,4) до наддомінування (hp = 3,5) у 2023 р., у 2024 р. – від проміжного успадкування (hp = -0,4) до наддомінування (hp = 5,0). У гібридів першого покоління пшениці твердої ярої відмічена дещо вища стійкість порівняно з м'якою ярою – від частково від'ємного успадкування (hp = -0,7) до наддомінування (hp = 2,5) у 2023 р. та від проміжного успадкування (hp = 0,5) до наддомінування (hp = 5,1) у 2024 р. (табл. 1). Виявлено, що у 2023 р. F₁ пшениці м'якої ярої проявили різну стійкість до ураження борошнистою росою: 50,0 % гібридних комбінацій з високою стійкістю (8 балів), стійкість на рівні 7 балів мали 30,0 % та 20,0 % – це слабо сприйнятливі з балом стійкості 6, дещо інша картина спостерігалася для пшениці твердої ярої – 40,0 % гібридних комбінацій з високою стійкістю (8 балів), стійкість на рівні 7 балів мали 60,0 %.

Таблиця 1 – Прояв фенотипового домінування та ступінь гетерозису в F₁ пшениці ярої за стійкістю до борошнистої роси, 2023–2024 рр.

Гібридна комбінація	2023 р.				2024 р.			
	hp	ТУ	Ht, %	Hbt, %	hp	ТУ	Ht, %	Hbt, %
<i>Triticum aestivum</i> L.								
A2/Елегія миронівська	1,5	НД	4,1	2,2	1,7	НД	4,6	1,8
Hunhux/Оксамит миронівський	0,3	ПУ	1,0	-2,0	0,6	ЧПД	1,1	-0,2
МІП Веснянка/Лінія 15-36	-0,7	ЧВУ	-1,4	-3,2	-0,4	ПУ	0,5	-1,4
Xunzhe 9/МІП Олександра	2,3	НД	5,6	3,3	3,0	НД	5,9	3,8
Трізо/МІП Веснянка	0,4	ПУ	0,7	-0,8	0,7	ЧПД	1,6	0,4
Yaouyaan 448/Дубравка	3,5	НД	5,9	3,1	5,0	НД	5,1	2,9
Moyin 2/МІП Злата	2,4	НД	7,5	3,1	4,3	НД	6,6	4,2
Лінія 15-36/Трізо	0,5	ПУ	1,3	-1,6	0,9	ЧПД	1,4	0,3
Gingchun 533/Струна миронівська	1,9	НД	3,1	2,4	2,8	НД	3,5	1,9
Hingchun 26/МІП Світлана	-1,4	Д	-3,7	-5,8	-0,3	ПУ	-1,1	-2,9
<i>Triticum durum</i> Desf.								
МІП Ксенія/211 TIANES	0,4	ПУ	1,3	-1,7	0,7	ЧПД	1,5	0,7
МІП Ксенія/Neodur	0,9	ЧПД	1,8	0,8	1,1	НД	3,5	1,6
МІП Ксенія/МІП Магдалена	2,5	НД	11,4	6,5	5,1	НД	8,7	4,7
МІП Магдалена/AR 84/BINTEPE 85-ОУ	-0,7	ЧВУ	-4,2	-6,1	0,5	ПУ	1,4	-1,3
МІП Магдалена/MUSK DUKEN	1,7	НД	2,1	0,8	2,5	НД	3,0	2,1
Леукурум 21-04/Ярина	0,7	ЧПД	1,1	0,8	1,4	НД	1,9	0,4
МІП Райдужна/Neodur	1,7	НД	9,4	5,5	2,2	НД	2,9	1,1
МІП Райдужна/YAZI 13	0,4	ПУ	1,1	-1,3	0,7	ЧПД	1,2	0,3
МІП Ксенія/121 YAVAROS 79	0,7	ЧПД	1,4	0,5	0,9	ЧПД	2,1	0,8
МІП Магдалена/030M-1X-ОМ	1,4	НД	1,7	0,3	1,8	НД	2,2	0,7

Примітка: hp – ступінь домінування; ТУ – тип успадкування; Ht, % – гіпотетичний гетерозис; Hbt, % – істинний гетерозис; НД – наддомінування; ЧПД – часткове позитивне домінування; ПУ – проміжне успадкування; ЧВУ – часткове від'ємне успадкування; Д – депресія.

Наддомінування ($h_r = 1,5-3,5$) спостерігали у п'ятих гібридних комбінаціях пшениці м'якої ярої та у чотирьох твердої ярої ($h_r = 1,4-2,5$), у яких і виявлено позитивне значення гіпотетичного ($H_t = 3,1-7,5$ %; $1,7-11,4$ % відповідно) та істинного ($H_{bt} = 1,0-7,1$ %; $0,3-6,5$ % відповідно) гетерозису, що дозволяє прогнозувати у наступних поколіннях появу трансгресивних форм. Від'ємні значення як гіпотетичного, так і істинного гетерозису визначено у гібридів пшениці м'якої та твердої ярої, де ступінь фенотипового домінування характеризувався частковим від'ємним успадкуванням (МПП Веснянка/Лінія 15-36, $h_r = -0,7$; МПП Магдалена/AR 84/BINTEPE 85-ОУ, $h_r = -0,7$) та депресією (Hingchun 26/МПП Світлана, $h_r = -1,4$). У 2024 р. наддомінування відмічено у п'яти комбінаціях пшениці м'якої ярої і шести – твердої ярої, у них встановлено позитивні значення гіпотетичного та істинного гетерозису. Найвищі їх значення виявлено в гібридів пшениці м'якої ярої Moyin 2/МПП Злата ($H_t = 6,6$ %; $H_{bt} = 4,2$ %), Xunzhe 9/МПП Олександра ($H_t = 5,9$ %; $H_{bt} = 3,8$ %), Yaouyaan 448/Дубравка ($H_t = 5,1$ %; $H_{bt} = 2,9$ %) та твердої ярої МПП Ксенія/МПП Магдалена ($H_t = 8,7$ %; $H_{bt} = 4,7$ %), МПП Магдалена/MUSK DUKEN ($H_t = 3,0$ %; $H_{bt} = 2,1$ %), МПП Райдужна/Neodur ($H_t = 2,9$ %; $H_{bt} = 1,1$ %), які характеризувалися і найвищими показниками наддомінування. Часткове позитивне домінування виявлено у трьох комбінаціях пшениці м'якої та твердої ярої, де встановлено позитивне значення як гіпотетичного, так і істинного гетерозису. Від'ємні значення як гіпотетичного ($H_t = -1,1$ %), так і істинного ($H_{bt} = -2,9$ %) гетерозису виокремлено у комбінації пшениці м'якої ярої Hingchun 26/МПП Світлана, яка проявила проміжний тип успадкування. Впродовж 2023–2024 рр. стабільно простежували ефект гетерозису за стійкістю до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. у п'яти комбінаціях F_1 пшениці м'якої ярої: Xunzhe 9/МПП Олександра, А2/Елегія миронівська, Yaouyaan 448/Дубравка, Gingchun 533/Струна миронівська, Moyin 2/МПП Злата та у чотирьох твердої ярої: МПП Ксенія/МПП Магдалена, МПП Магдалена/MUSK DUKEN, МПП Райдужна/Neodur, МПП Магдалена/030М-1Х-ОМ.

Вивчення ступеня фенотипового домінування за стійкістю до *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. у F_1 показало різний ступінь успадкування від депресії до наддомінування у пшениці м'якої ярої та від проміжного успадкування до наддомінування – у твердої ярої (табл. 2). Виявлено, що у 2023–2024 рр. F_1 пшениці м'якої ярої проявили різну стійкість до ураження бурюю листовою іржею: 20,0 % гібридних комбінацій з високою стійкістю (8

балів) у 2023 р. та 50,0 % у 2024 р., стійкість на рівні 7 балів мали 40,0 % як у 2023 р. так і 2024 р. та 40,0 % – це слабо сприйнятливі з балом стійкості 6 у 2023 р. та 10,0 % у 2024 р., у пшениці твердої ярої – 30,0 % гібридних комбінацій з високою стійкістю (8 балів) у 2023 р. та 60,0 % у 2024 р., стійкість на рівні 7 балів мали 70,0 % у 2023 р. та 40,0 % у 2024 р.

У 2023 р. найвищий рівень стійкості до *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. проявили гібридні комбінації пшениці м'якої ярої Xunzhe 9/МПП Олександра, $h_r = 3,6$; Yaouyaan 448/Дубравка, $h_r = 2,9$ та твердої ярої МПП Магдалена/MUSK DUKEN, $h_r = 2,9$; МПП Райдужна/Neodur, $h_r = 1,9$, які проявили наддомінування з позитивними значеннями гіпотетичного та істинного гетерозису. Найменш цінним виявлено сполучення батьківських форм у гібридів пшениці твердої ярої МПП Ксенія/211 TIANES та м'якої ярої – МПП Веснянка/Лінія 15-36, Трізо/МПП Веснянка, Hingchun 26/МПП Світлана, у яких успадкування ознак характеризувалось від'ємними значеннями гіпотетичного та істинного гетерозису. Часткове позитивне домінування виявлено у трьох комбінаціях пшениці м'якої ярої (А2/Елегія миронівська, $h_r = 0,9$; Moyin 2/МПП Злата, $h_r = 0,9$; Gingchun 533/Струна миронівська $h_r = 0,6$) та у чотирьох твердої ярої (МПП Ксенія/Neodur, $h_r = 0,9$; Леукурум 21-04/Ярина, $h_r = 0,9$; МПП Магдалена/030М-1Х-ОМ, $h_r = 0,9$; МПП Райдужна/YAZI 13, $h_r = 0,7$) з позитивним значенням гіпотетичного та істинного гетерозису. Проміжний тип успадкування встановлено у двох комбінаціях пшениці м'якої та твердої ярої. У 2024 р. у F_1 пшениці м'якої ярої встановлено різні типи фенотипового домінування: у чотирьох комбінаціях спостерігали наддомінування, в однієї – часткове позитивне домінування, у трьох – проміжне успадкування, в однієї – часткове від'ємне успадкування, в однієї – депресію, а у твердої ярої – у шести комбінацій спостерігали наддомінування, у чотирьох – часткове позитивне домінування. Гібридні комбінації пшениці ярої, які проявили часткове позитивне домінування та наддомінування мали позитивне значення гіпотетичного та істинного гетерозису, а комбінація пшениці м'якої ярої з частковим від'ємним успадкуванням – від'ємні значення, проміжним – позитивне значення гіпотетичного і від'ємне істинного гетерозису. Успадкування за типом наддомінування стійкості до *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. в 2023–2024 рр. виявлено в комбінаціях пшениці м'якої ярої: Yaouyaan 448/Дубравка, Xunzhe 9/МПП Олександра та твердої ярої: МПП Ксенія/МПП Магдалена, МПП Магдалена/MUSK DUKEN, МПП Райдужна/Neodur.

Таблиця 2 – Прояв фенотипового домінування та ступінь гетерозису в F₁ пшениці ярої за стійкістю до бурі листкової іржі, 2023–2024 рр.

Гібридна комбінація	2023 р.				2024 р.			
	hp	ТУ	Ht, %	Hbt, %	hp	ТУ	Ht, %	Hbt, %
<i>Triticum aestivum</i> L.								
A2/Елегія миронівська	0,9	ЧПД	1,2	0,4	1,2	НД	1,0	0,1
Hunhux/Оксамит миронівський	0,4	ПУ	0,5	-2,3	0,8	ЧПД	1,2	0,2
МІП Веснянка/Лінія 15-36	-0,9	ЧВУ	-2,6	-5,2	-0,7	ЧВУ	-2,3	-4,8
Xunzhe 9/МІП Олександра	3,6	НД	4,2	2,9	7,3	НД	6,1	3,1
Трізо/МІП Веснянка	-1,3	Д	-2,7	-6,8	0,2	ПУ	0,4	-0,5
Yaouyaan 448/Дубравка	2,9	НД	4,9	3,1	1,6	НД	3,5	1,4
Моуін 2/МІП Злата	0,9	ЧПД	1,1	0,3	1,5	НД	2,2	0,9
Лінія 15-36/Трізо	-0,3	ПУ	-1,1	-2,5	0,4	ПУ	0,2	-0,1
Gingchun 533/Струна миронівська	0,6	ЧПД	0,9	0,3	1,1	НД	1,3	0,7
Hingchun 26/МІП Світлана	-0,7	ЧВУ	-2,7	-4,8	0,3	ПУ	0,3	-0,6
<i>Triticum durum</i> Desf.								
МІП Ксенія/211 TIANES	0,3	ПУ	-1,3	-2,7	0,7	ЧПД	1,5	0,5
МІП Ксенія/Neodur	0,9	ЧПД	2,2	1,3	1,5	НД	1,4	0,3
МІП Ксенія/МІП Магдалена	2,6	НД	10,4	8,5	4,3	НД	4,1	2,2
МІП Магдалена/AR 84/BINTEPE 85-OY	0,4	ПУ	-0,9	-2,4	0,8	ЧПД	1,7	0,7
МІП Магдалена/MUSK DUKEN	2,9	НД	5,8	3,6	3,1	НД	5,8	4,5
Леукурум 21-04/Ярина	0,9	ЧПД	1,2	0,9	1,6	НД	1,3	0,4
МІП Райдужна/Neodur	1,9	НД	10,4	6,5	2,4	НД	4,7	2,8
МІП Райдужна/YAZI 13	0,7	ЧПД	1,1	0,7	1,3	НД	3,2	2,6
МІП Ксенія/121 YAVAROS 79	0,4	ПУ	0,5	-0,1	0,6	ЧПД	1,4	0,6
МІП Магдалена/030M-1X-OM	0,9	ЧПД	1,1	0,4	0,8	ЧПД	1,0	0,3

Примітка: hp – ступінь домінування; ТУ – тип успадкування; Ht, % – гіпотетичний гетерозис; Hbt, % – істинний гетерозис; НД – наддомінування; ЧПД – часткове позитивне домінування; ПУ – проміжне успадкування; ЧВУ – часткове від’ємне успадкування; Д – депресія.

Висновки. Встановлено ступінь фенотипового домінування та рівень гетерозису за стійкістю до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. та *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. у F₁ пшениці м’якої та твердої ярої. Виявлено, що рівень стійкості до збудників хвороб мав різні типи успадкування від депресії до наддомінування, залежно як від підбору пар для гібридизації, так і від умов року. Встановлено, що позитивний ступінь фенотипового домінування стійкості до листових грибних хвороб частіше спостерігали у гібридних комбінаціях: високостійкий × стійкий, стійкий × високостійкий, дещо нижчу – стійкий × помірно стійкий. Гібридні комбінації пшениці м’якої ярої (Xunzhe 9/МІП Олександра, A2/Елегія миронівська, Yaouyaan 448/Дубравка, Gingchun 533/Струна

миронівська, Моуін 2/МІП Злата) та твердої ярої (МІП Ксенія/МІП Магдалена, МІП Магдалена/MUSK DUKEN, МІП Райдужна/Neodur) мають значну цінність для селекційних програм. Вони характеризуються комплексною стійкістю до збудників *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. та *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob., що робить їх перспективним високостійким вихідним матеріалом.

Перспективи подальших досліджень. Отримано стійкий матеріал гібридів першого покоління пшениці м’якої та твердої ярої до *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. і *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob., що буде ефективно використаний у подальших ланках селекційного процесу під час добору за цими показниками.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кирильчук А.М., Ковальчук С.О. Селекція на кількісні та якісні показники пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). Розширення генетичного різноманіття культурної пшениці. Агро-екологічний журнал. 2021. № 2. С. 140–148. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2021.234474
2. Стійкість до борошнистої роси зразків *Triticum aestivum* L. 4th WWSRRN CIMMYT в умовах північно-східного Лісостепу України / О.М. Осьмачко та ін. Генетичні ресурси рослин. 2019. № 24. С. 74–88. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.06
3. Dreiseitl A. Specific resistance of barley to powdery mildew, its use and beyond: a concise critical review. Genes. 2020. Vol. 11. Issue 9. Article e971. DOI: 10.3390/genes11090971
4. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review / A. Raza et al. Plants. 2019. Vol. 8. No 2. Article e34. DOI: 10.3390/plants8020034
5. Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Ковалишина Г.М., Лісова Г.М. Джерела стійкості до збудників хвороб та їх ефективність у селекційному процесі *Triticum aestivum* L. Генетичні ресурси рослин. 2017. № 21. С. 61–74.
6. Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 supplement / R.A. McIntosh et al. URL: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement/2017.pdf>
7. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J. The global burden of pathogens and pests on major food crops. Nature Ecology & Evolution. 2019. Vol. 3. Issue 3. P. 430–439. DOI: 10.1038/s41559-018-0793-y
8. Створення інтрогресивних ліній пшениці м'якої озимої з ознаками стійкості до фітопатогенів / І.І. Моцний та ін. Вісник Одеського національного університету. Біологія. 2020. Т. 25. № 2(47). С. 59–82. DOI: 10.18524/2077-1746.2020.2(47).218058
9. Chumikina L.V., Arabova L.I., Kolpakova V.V., Topunov A.F. The role of phytohormones in the regulation of the tolerance of wheat, rye, and triticale seeds to the effect of elevated temperatures during germination. Applied Biochemistry and Microbiology. 2019. Vol. 55. No 1. P. 59–66. DOI: 10.1134/S0003683819010046
10. Осьмачко О.М., Власенко В.А. Стійкість колекції сортів і гібридів F_1 пшениці м'якої озимої проти борошнистої роси в умовах північно-східного Лісостепу України. Автохтонні та інтродуковані рослини. 2015. Вип. 11. С. 156–162.
11. Базалій Г.Г., Усик Л.О., Жупина А.Ю., Лавриненко Ю.О. Успадкування стійкості до фітопатогенів гібридами пшениці м'якої озимої в умовах зрошення півдня України. Аграрні інновації. 2020. № 2. С. 5–11. DOI: 10.32848/agrar.innov.2020.2.1
12. Stages of creating the new high-yielding bread winter wheat variety 'MIP Valensiia' / O.A. Demydov et al. Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Vol. 14. No 1. P. 5–13. DOI: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126483
13. Kovalyshyna H.M., Dmytrenko Yu.M. Sources of resistance to brown rust pathogen and their use in the development of soft wheat varieties. Plant Varieties Studying and Protection. 2017. Vol. 13. No. 4. P. 379–386. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117742
14. Хоменко Л.О., Сандецька Н.В. Джерела комплексної стійкості пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) у селекції на адаптивність. Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Vol. 14. No 3. P. 270–276. DOI: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289
15. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2016. 82 с.
16. Спосіб добору за комплексною стійкістю проти основних збудників хвороб пшениці м'якої озимої: пат. 28676 Україна. МПК 2018.01, A01H 1/00, A01H 3/00; заявл. 13.11.2017; опубл. 10.10.2018. Бюл. № 19.
17. Методика селекційного експерименту (у рослинництві) / Е.Р. Ермантраут та ін. Харків: Видавництво Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2014. 229 с.
18. Griffing B. Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. Genetics. 1950. Vol. 35. P. 303–321.
19. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. Iowa State Journal of Science. 1965. Vol. 39. No 3. P. 345–348.
20. Matzinger D.F., Mannand T.J., Cockerham C.C. Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. Crop Science. 1962. No 2. P. 238–286.
21. Fonseca S., Patterson F.L. Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Science. 1968. Vol. 8. No 1. P. 85–88.

REFERENCES

1. Kirilchuk, A.M., Kovalchuk, S.O. (2021). Selektsiia na kilkisni ta yakisni pokaznyky pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.). Rozshyrennia henytychnoho riznomanittia kulturnoi pshenytsi [Breeding for quantitative and qualitative indicators of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Expanding genetic diversity of cultivated wheat]. Ahroekolohichniy zhurnal [Agroecological journal]. no. 2, pp. 140–148. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2021.234474
2. Osmachko, O.M., Vlasenko, V.A., Bakumenko, O.M., Tao, Ye., Oshomok, T.V. (2019). Stiikist do boroshnystoi rosy zrazkiv *Triticum aestivum* L. 4th WWSRRN CIMMYT v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of CIMMYT's *Triticum aestivum* L. accessions from the 4TH WWSRRN for resistance to powdery mildew in the north-eastern forest steppe of Ukraine]. Henetychni resursy roslyn [Plant Genetic Resources]. no. 24, pp. 74–88. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.06
3. Dreiseitl, A. (2020). Specific resistance of barley to powdery mildew, its use and beyond: a con-

- cise critical review. *Genes*. Vol. 11 (9), Issue 9, article 971. DOI: 10.3390/genes11090971
4. Raza, A., Razzaq, A., Saher-Mehmood, S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*. Vol. 8 (2), no. 2, article 34. DOI: 10.3390/plants8020034
 5. Kyrylenko, V.V., Humeniuk, O.V., Kovalyshyna, H.M., Lisova, H.M. (2017). Dzherela stiikosti do zbudnykiv khvorob ta yikh efektyvnist u selektsiinomu protsesi *Triticum aestivum* L. [Sources of resistance to pathogens and their efficiency in *Triticum aestivum* L. breeding]. *Henetychni resursy roslyn* [Plant Genetic Resources]. no. 21, pp. 61–74.
 6. McIntosh, R.A., Dubcovsky, J., Rogers, W.J., Morris, C., Appels, R., Xia, X.C. (2017). Catalogue of gene symbols for wheat: 2017 supplement. Available at: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2017.pdf>
 7. Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S.J. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*. Vol. 3 (3), pp. 430–439. DOI: 10.1038/s41559-018-0793-y
 8. Motsnyi, I.I., Molodchenkova, O.O., Smerlenko, A.P., Lytvynenko, M.A., Holub, Ye.A., Mishchenko, L.T. (2020). Stvorennia introhresyvnnykh liniy pshenytsi miakoi ozymoi z oznakamy stiikosti do fitopatoheniv [Development of introgression lines of winter bread wheat with traits of resistance to phytopathogens]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Biologhiia* [Odesa National University Herald. Biology]. Vol. 25 (2), pp. 59–82. DOI: 10.18524/2077-1746.2020.2(47).218058
 9. Chumikina, L.V., Arabova, L.I., Kolpakova, V.V., Topunov, A.F. (2019). The role of phytohormones in the regulation of the tolerance of wheat, rye, and triticale seeds to the effect of elevated temperatures during germination. *Applied Biochemistry and Microbiology*. Vol. 55 (1), pp. 59–66. DOI: 10.1134/S0003683819010046
 10. Osmachko, O.M., Vlasenko, V.A. (2015). Stiikist kolektsii sortiv i hibrydiv F_1 pshenytsi miakoi ozymoi proty boroshnystoi rosy v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Powdery mildew resistance in a collection of wheat cultivars and first generation hybrids in the north-eastern Forest-steppe]. *Avtokhtonni ta introdokovani roslyny* [Journal of Native and Alien Plant Studies]. Issue 11, pp. 156–162.
 11. Bazaliy, G.G., Usyk, L.O., Zhupina, A.Yu., Lavrynenko, Yu.O. (2020). Uspadkuvannia stiikosti do fitopatoheniv hibrydamy pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy [Inheritance of resistance to phytopathogens by hybrids of soft winter wheat in the conditions of irrigation of the south of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii* [Agrarian Innovations]. no. 2, pp. 5–11. DOI: 10.32848/agra.innov.2020.2.1
 12. Demydov, O.A., Kyrylenko, V.V., Humeniuk, O.V., Blyzniuk, B.V., Melnyk, S.I. (2018). Stages of creating the new high-yielding bread winter wheat variety 'MIP Valensiia'. *Plant Varieties Studying and Protection*. Vol. 14 (1), pp. 5–13. DOI: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126483
 13. Kovalyshyna, H.M., Dmytrenko, Yu.M. (2017). Sources of resistance to brown rust pathogen and their use in the development of soft wheat varieties. *Plant Varieties Studying and Protection*. Vol. 13 (4), pp. 379–386. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117742
 14. Khomenko, L.O., Sandetska, N.V. (2018). Dzherela kompleksnoi stiikosti pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) u selektsii na adaptivnist [Sources of complex resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) for adaptive breeding]. *Plant Varieties Studying and Protection*. Vol. 14 (3), pp. 270–276. DOI: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289
 15. Tkachyk, S.O. (2016). Metodyka provedenia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine]. *Vynnytsia, Korzun D.Yu.*, 82 p.
 16. Sposib doboru za kompleksnoju stijkistju proty osnovnykh zbudnykiv hvorob pshenytsi m'jakoi ozymoi: pat. 28676 Ukrai'na. MPK 2018.01, A01N 1/00, A01N 3/00; zjavl. 13.11.2017; opubl. 10.10.2018. Bjul. № 19. [Pat. 128676 UA, IPC A01H 1/00, A01H 3/00. Method of selection for complex resistance to main pathogens of bread winter wheat. Publ. 10.10.2018. Bul. 19].
 17. Ermantraut, E.R., Hoptsi, T.I., Kalenska, S.M., Kryvoruchenko, R.V., Turchynova, N.P., Prysiazhniuk, O.I. (2014). Metodyka selektsiinoho eksperymentu (u roslynnytstvi) [Methods of breeding experiment (in plant science)]. *Kharkiv, Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev Press*, 229 p.
 18. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. Vol. 35, pp. 303–321.
 19. Beil, G.M., Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal of Science*. Vol. 39 (3), pp. 345–348.
 20. Matzinger, D.F., Mannand, T.J., Cockerham, C.C. (1962). Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*. no. 2, pp. 238–286.
 21. Fonseca, S., Patterson, F.L. (1968). Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*. Vol. 8 (1), pp. 85–88.
- Inheritance resistance of F_1 spring wheat to *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. and *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. in the Forest-Steppe of Ukraine**
- Fedorenko M., Fedorenko I., Blyzniuk R., Shadchyna T.**
- Studying the inheritance pattern of resistance level to leaf fungal diseases in first-generation hybrids of common and durum spring wheat is an urgent task in the creation of highly resistant varieties. The purpose of the research was to determine the degree of phe-

notypic dominance and heterosis level for resistance to *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. and *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. in F_1 spring wheat. The study was conducted in 2023–2024 at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the NAAS of Ukraine. The material for the research consisted of 20 F_1 spring wheat varieties obtained from crossing samples of various ecological and geographical origins. Selection, field, and mathematical-statistical methods were used. It has been established that in terms of resistance to powdery mildew and brown leaf rust, spring wheat hybrid combinations showed various inheritance patterns from depression to overdominance, depending on the selection of pairs for hybridization (hybrid combinations of durum spring wheat as compared to common spring wheat showed higher resistance to leaf fungal diseases) and on the conditions of the year (the highest resistance score was observed

in 2024 compared to 2023). The following combinations are valuable for breeding work: soft spring wheat Xunzhe 9/MIP Oleksandra, A2/Elehiia myronivska, Yaouyaan 448/Dubravka, Ginchun 533/Struna myronivska, Moyin 2/MIP Zlata and durum spring wheat MIP Kseniia/MIP Mahdalena, MIP Mahdalena/MUSK DUKEN, MIP Raiduzhna/Neodur, which were characterized by group resistance to *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. and *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. They can serve as highly resistant basic material. The most unsuccessful combinations of parental forms in hybrid combinations of soft spring wheat Hingchun 26/MIP Svitlana, Trizo/MIP Vesnianka, MIP Vesnianka/Line 15-36 were found to be as they caused depression, partial negative and intermediate inheritance.

Key words: common and durum spring wheat, F_1 , inheritance, resistance, powdery mildew, brown leaf rust, degree of phenotypic dominance, selection.



Copyright: Федоренко М.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Федоренко М.В.

<http://orcid.org/0000-0002-3021-3643>

Федоренко І.В.

<http://orcid.org/0000-0001-5471-6475>

Близнюк Р.М.

<http://orcid.org/0000-0002-8645-2539>

Шадчина Т.М.

<http://orcid.org/0009-0002-1690-7566>

АГРОНОМІЯ

УДК 606:582.573.16

**Мінеральна складова живильних середовищ
як детермінант культивування *in vitro* *Allium sativum* L.****Філіпова Л.М. , Мацкевич В.В. , Єзерковська Л.В. ,
Караульна В.М. , Омельченко О.В., Лясківська О.О.***Білоцерківський національний аграрний університет*

Філіпова Л.М., Мацкевич В.В., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Омельченко О.В., Лясківська О.О. Мінеральна складова живильних середовищ як детермінант культивування *in vitro* *Allium sativum* L. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 211–222.

Filipova L., Matskevych V., Yezerkovska L., Karaulna V., Omelchenko O., Liaskivska O. Mineral composition of nutrient media as a determinant of *in vitro* cultivation of *Allium sativum* L. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 211–222.

Рукопис отримано: 26.09.2025 р.

Прийнято: 13.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-211-222

Для розвитку комерційного насінництва та проведення сучасних наукових досліджень у сфері сільськогосподарського виробництва, зокрема за вирощування часнику городнього (*Allium sativum* L.), актуальним завданням є удосконалення наявних та створення нових біотехнологічних протоколів для перспективних сортів. Одним із ключових аспектів вирішення цього завдання є дослідження впливу живильних середовищ із різним мінеральним складом на ефективність культивування *in vitro* регенерантів, що обумовлює необхідність підбору оптимальних умов для конкретного сорту.

Метою дослідження було визначення впливу живильних середовищ, відмінних за мінеральним складом, на ріст і розвиток рослин часнику сортів Український білий Гуляйпільський та Любаша в умовах *in vitro* з подальшою можливістю регулювання онтогенезу в умовах промислового вирощування.

Експериментальні дослідження виконували у біотехнологічній лабораторії Фермерського господарства «Беррі Фарм Юкрейн» та науково-навчальній лабораторії «Біотехнологія рослин» Білоцерківського національного аграрного університету. Культивування проводили згідно із загальноприйнятими методиками із застосуванням живильних середовищ MS, B5, Hi, BDS та KB, що відрізнялися за мінеральним складом, на трьох етапах мікроклонального розмноження: введення експлантів в асептичну культуру, мультиплікації та ризогенезу.

У результаті досліджень виявлено сортові відмінності в ефективності *in vitro* культивування регенерантів часнику залежно від складу живильних середовищ. За комплексом біометричних і фенологічних показників сорт Любаша переважав сорт Український білий Гуляйпільський, що свідчить про його вищий морфогенетичний потенціал у культурі тканин. Щодо оптимізації технології мікроклонального розмноження часнику сортів Український білий Гуляйпільський та Любаша на етапі введення експлантів в асептичну культуру доцільним є застосування живильного середовища BDS. На цьому живильному середовищі спостерігалася найменша кількість вітрифікованих рослин – 2,4–2,9 %. На етапі мультиплікації рекомендовано використовувати циклічну схему чергування середовищ: чотири послідовні пасажі на середовищі BDS із подальшим одним пасажем на розвантажувальному середовищі Hi, що забезпечує стабільність ростових процесів упродовж тривалого культивування. На етапі ризогенезу оптимальним виявилось використання середовища KB. Отримані дані є основою для вдосконалення біотехнологічних методів масового розмноження та збереження генофонду часнику, а також становлять практичний інтерес для селекції, зокрема у доборі генотипів із високим морфогенетичним потенціалом.

Ключові слова: мікроклональне розмноження, мінеральний склад середовища, регенерант, розвантажувальне середовище, асептичні умови, мікропагони, ризогенез.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Агрокліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для комерційного вирощування часнику городнього (*Allium sativum* L.), що створює потенціал як для задоволення внутрішнього попиту, так і для виходу на міжнародні ринки [1]. Технологія вирощування часнику в Україні стандартизована [2]. Для конкурентоспроможного позиціювання українського часнику на світовому ринку необхідне вирішення низки технологічних завдань, зокрема, у сфері зберігання, переробки, а також удосконалення селекційних програм та масового виробництва високоякісного незараженого садивного матеріалу [3, 4]. Впродовж останніх років в Україні створено низку перспективних сортів часнику [5], розмноження яких здійснюється традиційними методами [6]. На відміну від вітчизняного підходу, у розвинених зарубіжних країнах у насінництві часнику активно застосовують біотехнологічні методи [7, 8]. В Україні також застосовують *in vitro* технології, зокрема для створення і підтримання колекцій часнику [9]. Це дозволяє ефективно контролювати збудники бактеріальних, вірусних, грибних та інших захворювань, а також забезпечити масштабне виробництво оздоровленого садивного матеріалу для первинних ланок насінництва [10]. Крім того, ізольовані *in vitro* рослини широко використовують як модельні об'єкти у наукових дослідженнях, зокрема для вивчення впливу екологічних чинників на рослинний організм [11]. Особливу увагу приділяють аналізу трофічних та гормональних детермінант онтогенезу, що дозволяє покращити адаптивні властивості рослин та оптимізувати технології їх вирощування.

In vitro культури характеризуються гетеротрофним типом живлення, за якого основні пластичні та енергетичні потреби забезпечуються завдяки органічним і неорганічним речовинам, наявним у складі живильного середовища. Щодо потреби у елементах мінерального живлення, слід зазначити, азот у формах амонію (NH_4^+) та нітрату (NO_3^-) стимулює ріст надземної частини рослин – фотосинтезуючих органів, що забезпечить у подальшому перехід на автотрофне живлення. Коренева система потребує високих концентрацій фосфору для забезпечення енергетичної діяльності у формі дихання, яке, зокрема, забезпечить постачання наземній частині необхідні елементи мінерального живлення. Тому склад живильного середовища, зокрема, його мінеральної частини, першо-

чергово визначає онтогенез рослин *in vitro*. Для розвитку комерційного насінництва та проведення сучасних наукових досліджень в галузі сільськогосподарського виробництва, зокрема вирощування часнику городнього, в Україні необхідним є удосконалення наявних та створення нових біотехнологічних протоколів для перспективних сортів. Для вирішення цього завдання актуальним питанням є вивчення впливу відмінних за мінеральним складом живильних середовищ на культивування регенерантів часнику городнього (*Allium sativum* L.).

В асептичних умовах *in vitro* часник найчастіше культивують на середовищі MS [11–20] у повній або половинній концентрації та середовищі BDS [21, 22]. У дослідженнях El-Nil [23] для культивування калусних культур, індукції органогенезу часнику використовували середовище AZ з амонійним та нітратним азотом.

S.S. Bhojwani [24] для індукції коренотворення новозеландського комерційного часнику (*Allium sativum* L.) та безвірусного французького сорту «Rose-de-Kakylis» використовували середовище B–5.

M. Rauber, J. Grunewaldt [25] для індукції регенерації пагонів із експлантатів листових дисків *Allium sativum* L., *A. porrum* L. та *A. schoenoprasum* L., а також із окремих квітконосів *A. Porrum* використовували середовище Linsmaier and Skoog. Незважаючи на низьку частоту регенерації за використання листових експлантатів, культивування ізольованих квітконосів дало змогу розробити ефективний метод мікроклонального розмноження *A. porrum*. До того ж авторами виявлено суттєву генотипову залежність регенераційної здатності пагонів. На цьому ж середовищі (Linsmaier and Skoog) без фітогормонів M. Ayabe та S. Sumi [26] розробили метод культивування стеблових дисків для виробництва насіннєвих рослин часнику, включаючи вільну від вірусів розсаду. Автори запропонували нову систему польового вирощування часнику, оскільки розсада, отримана з цибулин, індукованих *in vitro*, використовувалася як насіння замість звичайних зубчиків.

У дослідженнях інших авторів [27] з двадцяти генотипів часнику *Allium sativum* (L.), проаналізованих щодо генетичної варіабельності їхньої здатності утворювати калус та регенерувати пагони, найкращі властивості продемонстрував сорт Printanor на середовищі МВО без регуляторів росту. Отже, підбір середовища для конкретного сорту має важливе значення.

Мета дослідження – визначити вплив живильних середовищ, відмінних за мінеральним складом, на ріст і розвиток рослин часнику сортів Український білий Гуляйпільський і Любаша в умовах культивування *in vitro* для подальшого регулювання онтогенезу рослин в умовах промислового вирощування.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. в умовах біотехнологічної лабораторії Фермерського господарства «Беррі Фарм Юкрейн» та науково-навчальній лабораторії «Біотехнологія рослин» Білоцерківського національного аграрного університету. У дослідженнях використано сорти:

Український білий Гуляйпільський – середньоранній, утворює цибулини щільні, масою 20–23 г із багатьма дрібними зубками; зубки неправильної видовженої форми,

інтенсивно часникового запаху; урожайність сорту середня, зберігання тривале.

Любаша – сорт внесений до Державного реєстру сортів рослин [28], формує цибулини масою 90–110 г, кількість зубків – 4–6 штук, має високий уміст ефірних олій, морозо-, посухостійкість та лежкість.

Культивування рослин *in vitro* проводили відповідно до загальноприйнятих методик [29, 30]. Фотоперіод 16 годин на добу світло, 8 годин темнота. Інтенсивність освітлення 2400 люкс. Температура 24 ± 2 °C. Вологість 70–80 %. Вентиляція – повний обмін усього об'єму повітря впродовж доби з використанням системи надлишкового тиску. У дослідженні використовували живильні середовища MS (Мураціге і Скуга) [31], B_5 (Гамборга) [32], BDS (модифіковане B_5) [33], Ні, КВ (модифікації середовища MS Мацкевича В.В.) [34], які відрізнялися за мінеральною частиною (табл. 1).

Таблиця 1 – Мінеральний склад живильних середовищ для культивування експлантів *in vitro*

Компонент, мг/л	Середовище				
	MS	Hi	BDS	B ₅	KB
Солі макроелементів					
NH ₄ NO ₃	1650	1250	320,0	—	417
KNO ₃	1900	1100	2530	2500	367
KH ₂ PO ₄	170	970	—	—	324
MgSO ₄ x 7H ₂ O	370	770	247,0	252	257
(NH ₄) ₂ SO ₄	—	—	134,0	134,0	—
NaH ₂ PO ₄ x 2H ₂ O	—	—	172,0	130,5	—
NH ₄ H ₂ PO ₄	—	—	230,0	—	—
Солі кальцію					
Ca(NO ₃) ₂ x 4H ₂ O	—	440	150,0	—	239
CaCl ₂ x 2H ₂ O	440	—		150	—
Хелат заліза					
NaЕДЕТА	37,25				
FeSO4 x 7H ₂ O	27,85				
Солі мікроелементів					
H ₃ BO ₃	6,2		3,0	3,0	6,2
MnSO ₄ x 4 H ₂ O	22,3		13,2	18,28	22,3
CoCl ₂ x 6H ₂ O	0,025				
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0,025		0,039	0,025	0,025
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	8,6		2,0	2,0	8,6
NaMoO ₄ x 2H ₂ O	0,25				
KJ	0,83		0,75	0,75	0,83

Приготування середовищ проводили із заздалегідь приготовлених маточних розчинів. У живильне середовище додавали як гелеутворювач агар, дежерело цукру – сахароза. Кислотність середовища до необхідного рівня доводили з використанням розчинів ортофосфорної кислоти або КОН. Живильні середовища стерилізували автоклавуванням за температури 121 °C та тиску 1,1 атм. Окрім етапу введення в асептичні умови, рослинний матеріал розміщували по п'ять екземплярів у скляні ємності об'ємом 250 мл, які герметично закривали прозорими поліпропіленовими кришками, стійкими до стерилізації автоклавуванням.

Стерильні умови забезпечували на всіх етапах мікроклонального розмноження. Дезінфекцію вихідного рослинного матеріалу здійснювали із застосуванням антисептичного препарату Бланідас 300. Для цього до автоклавованого дистильованого водного розчину об'ємом 100 мл додавали 1,65 г препарату. Стерилізацію первинних експлантів (*ex vivo*) проводили в умовах ламінарного боксу, де зразки промивали в автоклавованому дистилаті та висаджували на стерильне штучне живильне середовище.

Стерильність повітря в робочій зоні досягалася завдяки його фільтрації через НЕРА-фільтри класу H13–H14, а також періодичному опроміненню приміщення бактеріцидними лампами.

На підготовчому етапі проведення дослідження відбір рослинного матеріалу (цибулин часнику) здійснювали у польових умовах за морфологічними та фітосанітарними критеріями. Відбирали здорові рослини без видимих ознак фітопатологічних уражень, з господарсько цінними ознаками та характерними сортовими якостями.

Після завершення періоду спокою відібрані цибулини розділяли на окремі зубки, які обробляли фунгіцидами, після чого закладали у термостат для проведення термотерапії. Температурний режим у термостаті поступово підвищували від +24 до +40 °C.

На етапі введення в асептичну культуру під біокулярним мікроскопом здійснювали ізоляцію меристематичних тканин, які використовували як первинні експланти. Одержані меристеми висаджували на поживні середовища з варіативним складом мінеральних елементів, що відповідали умовам конкретного досліджу.

У разі виявлення патогенів у регенерантів під час діагностичного тестування вся меристемна лінія підлягала вибракуванню.

За наявності контамінації поживного середовища або експлантів також здійснювали їх заміну з повторним введенням нового стерильного матеріалу.

На етапі мультиплікації регенеранти розділяли на окремі експланти й культивували в кількості п'яти одиниць у відповідних ємностях. Для стимуляції утворення адвентивних бруньок та пагонів до поживного середовища додавали регулятори росту: бензиламінопурин (1,25 мг/л), аденін (0,5 мг/л) – як попередник синтезу цитокінінів, а також індоліл-масляну кислоту (ІМК) [5, 29, 30].

На етапі індукції ризогенезу концентрацію бензиламінопурина знижували до 0,1 мг/л, аденіну – до 0,25 мг/л, водночас концентрацію ІМК збільшували до 1,25 мг/л. Така комбінація регуляторів росту відповідно до принципу Скуга–Міллера сприяла індукції ризогенезу [35, 37].

Повторюваність досліджень у часі та просторі – чотирикратна. За одне біологічне повторення на першому етапі МКР вважали 50 первинних експлантів, висаджених окремо; на другому та третьому етапах – 50 рослинних об'єктів у культиваційних асептичних ємностях.

Визначали біометричні характеристики (висоту регенерантів, кількість листків на одному регенеранті, кількість експлантів, довжину кореневої системи та кількість коренів), відсоток вітрифікованих регенерантів, відсоток утворених мікроцибулин, фенологічні показники – початок ризогенезу, період культивування. На етапі мультиплікації обліки проводили на час першого, п'ятого та десятого пасажів.

Достовірність даних визначали методами математичної статистики з використанням точкової оцінки показників, для чого розраховували середнє арифметичне та стандартну помилку, рівень значущості $P < 0,05$. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою пакета аналізу MS Excel.

Результати дослідження та обговорення. За результатами досліджень встановлено сортову реакцію первинних експлантів на склад живильних середовищ в умовах культивування *in vitro*. Зокрема, сорт Любаша за усіма морфогенетичними показниками переважав сорт Український білий Гуляйпільський. У сорту Любаша на усіх живильних середовищах формувалися вищі регенеранти з більшою кількістю листків та мікроцибулин, спостерігалася менша кількість вітрифікованих експлантів (табл. 2).

Таблиця 2 – Трофічна детермінація морфогенезу меристемних експлантів на 45-ту добу культивування *in vitro*

Показник	Сорт	Середовище				
		MS	Hi	BDS	B ₅	KB
Висота регенера- нта, мм	Український білий Гуляйпільський	44,31±0,62	48,99±0,65	41,60±0,59	31,20±0,28	33,71±0,31
	Любаша	49,77±0,64	53,41±0,73	54,16±0,76	37,4±0,38	38,43±0,40
Кількість лист- ків, шт	Український білий Гуляйпільський	2,3±0,02	2,2±0,02	4,1±0,05	3,7±0,05	3,3±0,04
	Любаша	2,7±0,02	2,7±0,02	4,4±0,05	3,9±0,04	3,6±0,04
Вітрифікова- них регенера- нтів, %	Український білий Гуляйпільський	59,2±0,80	51,2±0,71	2,9±0,02	14,5±0,22	13,2±0,20
	Любаша	53,4±0,75	47,2±0,70	2,4±0,02	9,7±0,14	6,7±0,09
Індукція утво- рення мікро- цибулін, %	Український білий Гуляйпільський	3,2±0,12	3,9±0,13	11,4±0,15	7,1±0,10	6,4±0,08
	Любаша	9,4±0,12	14,5±0,19	16,8±0,21	11,3±0,15	7,5±0,10

Слід зазначити, що порівнювані у дослідах середовища відрізнялися за кількісним та якісним складом мінеральної частини, а саме, середовища MS, Hi містили найбільші концентрації мінеральних елементів. Середовище BDS мало проміжні концентрації, KB, B₅ – містили нижчі концентрації. Вищі концентрації елементів мінерального живлення у складі живильного середовища сприяли формуванню високих регенерантів у обох сортів. Водночас, і відсоток вітрифікованих регенерантів на цих варіантах дослідів був найвищим. Зокрема, у сорту Український білий Гуляйпільський вітрифікація становила 59,2 % на середовищі MS та 51,2 % – на середовищі Hi, у сорту Любаша – відповідно 53,4 та 47,2 %. Як відомо, це пов'язано з умістом азоту, особливо його амонійної форми [18, 34]. Найнижчі показники вітрифікації були на середовищі BDS – 2,4–2,9 %. На інших варіантах кількість вітрифікованих регенерантів залежно від сорту та живильного середовища не перевищувала 14,5 %.

Щодо формування листової поверхні, на варіантах з різними прописами живильних середовищ встановлено: у регенерантів на середовищах MS, Hi формувалися листки більших лінійних розмірів, але їх кількість порівняно з іншими варіантами була в середньому 2,7 шт. на один регенерант у сорту Любаша та 2,2–2,3 шт./регенерант у сорту Український

білий Гуляйпільський. Найбільше листків у розрахунку на один регенерант в обох сортів формувалося на середовищі BDS – 4,1 у сорту Український білий Гуляйпільський та 4,4 у сорту Любаша. На цьому ж середовищі формувалося найбільше мікроцибулін – 16,8 % у сорту Любаша та 11,4 % у сорту Український білий Гуляйпільський. Щодо індукції утворення мікроцибулін встановлено позитивну реакцію сорту Любаша на середовище Hi – 14,5 % проти 9,4 % на середовищі MS.

Існує залежність між складом живильних середовищ, зокрема, мінеральних елементів, та співвідношенням донорсько-акцепторних зв'язків у рослинному організмі [29, 35, 36]. У наших дослідів впродовж 45-добового культивування експлантів (рис.1) на середовищах, на яких формувалися вищі регенеранти (MS, Hi), строки індукції утворення мікроцибулін спостерігалися пізніше, формувалася менша кількість мікроцибулін. Регенеранти на варіанті BDS мали найбільший відсоток таких, в яких почалося закладання мікроцибулін (індукція).

На етапі мультиплікації передбачається отримання максимальної кількості регенерантів за збереження їхньої стабільної та тривалої регенераційної здатності [29, 36]. Досліджено вплив на показники мультиплікації тривалого культивування (10 пасажів) на беззмінному живильному середовищі (табл. 3).

Встановлено, що на усіх живильних середовищах тривале культивування п'яти і більше пасажів беззмінно на одному середовищі спричинює зменшення коефіцієнта розмноження та збільшення періоду між живцюваннями. На нашу думку, це пов'язано з тим, що "ідеального пропису" живильного середовища не створено. Незбалансована кількість

мінеральних елементів спричинює явища, описані законами живлення, а саме, законами мінімуму та максимуму [37, 38]. Негативний ефект тривалого культивування на беззмінному середовищі пояснюється не лише трофічними детермінантами, а й фітогормонами у складі середовищ, які мають здатність накопичуватися у тканинах регенерантів [30, 35].



На живильному середовищі MS



На живильному середовищі BDS



На живильному середовищі B₅



На живильному середовищі KB

Рис. 1. Розвиток первинних експлантів *in vitro* сорту Любаша на різних живильних середовищах на 30-ту добу культивування.

Таблиця 3 – Вплив тривалого беззмінного культивування на показники мультиплікації

Показник	Сорт	Пасаж	Середовище				
			MS	Hi	BDS	B ₅	KB
Кількість експлантів, шт.	Український білий Гуляй-пільський	1	4,1±0,07	5,3±0,08	4,9±0,06	3,1±0,04	3,9±0,07
		5	3,4±0,05	3,8±0,06	4,2±0,05	3,4±0,04	3,1±0,05
		10	2,6±0,05	2,1±0,04	3,0±0,04	2,6±0,03	2,8±0,04
	Любаша	1	3,8±0,05	5,7±0,07	5,2±0,06	3,6±0,06	4,4±0,06
		5	3,1±0,05	3,9±0,06	4,9±0,05	3,4±0,05	3,5±0,05
		10	2,9±0,04	2,2±0,03	4,1±0,05	2,9±0,04	3,1±0,05
Період культивування, діб	Український білий Гуляй-пільський	1	61±1,05	56±1,05	47±1,05	59±1,06	44±1,03
		5	63±1,08	58±1,07	49±1,05	63±1,07	49±1,06
		10	65±1,09	64±1,08	54±1,07	66±1,11	52±1,06
	Любаша	1	59±1,03	51±1,00	41±1,01	48±1,04	42±1,02
		5	52±1,03	58±1,06	44±1,02	51±1,05	45±1,05
		10	62±1,05	58±1,05	45±1,03	59±1,05	47±1,05

Як відомо, колекції зразків часнику та низки інших культур впродовж кількох років можуть підтримуватися на середовищі зі зменшеним вмістом мінеральних елементів та низьким вмістом гормонів (БАП 0,1 мг/л; ІМК 0,1 мг/л) [9]. Швидкість мультиплікації за таких умов відносно низька, однак зразки колекції не втрачають морфогенних властивостей. У разі клієнтського запиту для мультиплікації колекційні зразки висаджують на середовища з більш високим вмістом елементів живлення (MS, Hi, BDS). Впродовж перших живцювань досягаєть-

ся необхідна кількість (до 10 тис. шт.) регенерантів. За потреби отримання значно більших кількостей рослин постає потреба у вдосконаленні трофічної стратегії мультиплікації. Нами проведено дослідження з використанням чергування двох різних за прописом варіантів живильних середовищ (табл. 4) впродовж 10-ти живцювань. За основу брали середовище BDS і як «розвантажувальне» MS в одному варіанті та Hi в другому варіанті. На контрольному варіанті досліду практикували беззмінне живцювання на середовищі BDS.

Таблиця 4 – Вплив зміни складу живильного середовища на показники мультиплікації впродовж тривалого культивування

Показ- ник	Сорт	Середовища та їх чергування								
		BDS беззмінно (контроль)			BDS–BDS–BDS–BDS– MS –BDS–BDS–BDS– BDS– MS			BDS–BDS–BDS–BDS– Hi –BDS–BDS–BDS– BDS– Hi		
		Пасаж								
		1-й	5-й	10-й	1-й	5-й	10-й	1-й	5-й	10-й
Кіль- кість екс- план- тів, шт.	Україн- ський бі- лий Гуляй- пільський	4,9±0,07	4,2±0,06	3,0±0,04	4,9±0,06	5,6±0,06	4,3±0,04	4,8±0,06	5,9±0,08	4,6±0,05
	Любаша	5,2±0,07	4,9±0,07	4,1±0,04	5,2±0,07	6,1±0,08	5,3±0,07	5,1±0,06	6,0±0,08	5,2±0,05
Період культи- вуван- ня, діб	Україн- ський бі- лий Гуляй- пільський	47±0,74	49±0,74	54±0,75	47±0,65	44±0,65	48±0,67	47±0,73	41±0,62	48±0,73
	Любаша	41±0,61	44±0,62	45±0,63	41±0,61	40±0,61	46±0,64	41±0,61	39±0,60	42±0,62

Випробувано підхід стабільніші показники порівняно з контролем із беззмінним живцюванням на середовище BDS.

Встановлено, для підтримання сталих темпів мультиплікації серед порівнюваних комбінацій середовищ кращим для сортів Український білий Гуляйпільський та Любаша є поєднання середовищ BDS–BDS–BDS–BDS–**Hi**–.... Така схема забезпечувала одержання найбільшої кількості експлантів за найкоротший період культивування у обох сортів. Порівняно з контролем (використання BDS беззмінно) ефективним було й використання схеми BDS–BDS–BDS–BDS–**MS**–..., однак меншою мірою. Водночас, тривале культивування впродовж 10-ти пасажів характеризувалося погіршенням показників мультиплікації на усіх варіантах. Тому вважаємо, що варто окрім трофічних детермінант досліджувати інші, наприклад, ендогенні фактори та способи коригування гормональних детермінант, що буде завданням наших подальших експериментів.

Серед живильних середовищ, використаних у дослідженні, найвищий вміст фосфору був у формі однозаміщеного калій фосфату (KH_2PO_4) у складі середовища **Hi** – 970 мг/л. У середовищі **KB** на фоні загального низького вмісту мінеральних елементів, концентрація фосфору становила 324

мг/л, що є другим показником серед проаналізованих варіантів.

Знижений загальний вміст мінеральних елементів у живильному середовищі сприяє стимуляції росту кореневої системи, яка прагне охопити більший об'єм культурального простору.

Регенеранти на середовищі **KB** формували кореневу систему у найкоротші строки. Порівняно із регенерантами на інших середовищах, на **KB** у регенерантів вже у перші дні закладалися кореневі бугорки в 1–1,5 мм.

Також у цих регенерантів на 45-ту добу культивування за спостереженнями встановлено найкращі біометричні показники ризогенезу: довжина кореневої системи 7,1 мм у сорту Український білий Гуляйпільський та 9,3 мм у сорту Любаша, кількість коренів становила 5,6–5,9 шт. на один регенерант. На нашу думку, саме середовище **KB** (табл. 5) виявилось оптимальним для ризогенезу завдяки поєднанню двох ключових чинників: високому вмісту фосфору на фоні загального низького кількісного вмісту інших мінеральних елементів живлення.

Неефективним для ризогенезу є застосування середовищ **MS** та **BDS**.

Під час порівняння сортів за коренотворенням *in vitro* встановлено, сорт Український білий Гуляйпільський поступався сорту Любаша.

Таблиця 5 – Вплив середовища на ризогенез регенерантів

Показник	Сорт	MS	Hi	BDS	B ₅	KB
Початок ризогенезу, днів	Український білий Гуляйпільський	31±0,45	23±0,34	26±0,32	18±0,28	17±0,25
	Любаша	24±0,35	19±0,29	17±0,25	16±0,24	13±0,21
Довжина кореневої системи, мм	Український білий Гуляйпільський	2,2±0,03	5,1±0,05	5,5±0,08	6,8±0,09	7,1±0,10
	Любаша	3,9±0,05	5,7±0,07	5,9±0,07	7,6±0,09	9,3±0,14
Кількість коренів, шт.	Український білий Гуляйпільський	4,9±0,06	5,5±0,06	4,2±0,05	5,1±0,06	5,6±0,06
	Любаша	5,1±0,07	5,7±0,08	4,8±0,06	4,9±0,06	5,9±0,07

Висновки. У процесі досліджень встановлено суттєві сортові відмінності у рівні ефективності культивування *in vitro* регенерантів часнику городнього (*Allium sativum* L.) залежно від мінерального складу живильних середовищ. За всіма комплексними біометричними та фенологічними показниками сорт Любаша перевищував сорт Український білий Гуляйпільський, що свідчить про його вищий морфогенетичний потенціал у культурі тканин. Отримані результати мають важливе значення для оптимізації біотехнологічних підходів до розмноження та збереження генофонду часнику, а також можуть бути використані у селекційній практиці для добору сортів з високою регенераційною здатністю.

На основі емпіричних досліджень впливу трофічних детермінант розроблено напрями удосконалення технології мікроклонального розмноження часнику городнього (*Allium sativum* L.) сортів Український білий Гуляйпільський та Любаша. Зокрема, на етапі введення експлантів в асептичну культуру рекомендовано застосування живильних середовищ на мінеральній основі BDS. Для забезпечення стабільності ростових процесів упродовж тривалого культивування на етапі мультиплікації доцільним є використання циклічної схеми чергування середовищ: чотири послідовні пасажі на середовищі BDS із подальшим одним пасажем на розвантажувальному середовищі Ні. На етапі ризогенезу оптимальним визначено застосування середовища KB, що сприяє формуванню повноцінних кореневих систем у регенерантів. Також у цих регенерантів на 45-ту добу культивування за спостереженнями встановлено найкращі біометричні показники ризогенезу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мельник О.В., Митенко І.М. Вирощування часнику озимого: рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2020. 52 с.
2. ДСТУ 5048:2008 Часник. Технологія вирощування. Загальні вимоги. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 11 с.
3. Сич З.Д., Кубрак С.М. Основні проблеми розсадництва і технологій вирощування часнику озимого в Україні. Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті: мат. міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених, аспірантів і докторантів. Біла Церква: БНАУ, 2017. Ч. 1. С. 15–16. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/1839/1/Osnovni_problemy%20%282%29.pdf.
4. Маковей Ю. Дефіцит часнику в Україні – на скільки вигідне його вирощування? 2025. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1665-defitsit-chasniku-v-ukrayini-naskilki-vigidne-yogo-viroshchuvannya>.
5. Сич З.Д., Кубрак С.М. Оцінка сортів і місцевих форм часнику озимого за господарсько цінними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2020. 1 (157). С. 169–174.
6. Яценко В.В. Адаптивна мінливість часнику озимого і біологізація технології вирощування: монографія. Дніпро: Середняк Т.К., 2021. 179 с.
7. Efficient Elimination of Viruses from Garlic Using a Combination of Shoot Meristem Culture, Thermotherapy, and Chemical Treatment / A.P. Benke et al. Pathogens. 2023. 12(1). 129 p. DOI: 10.3390/pathogens12010129.
8. Production of Virus-Free Garlic Plants through Somatic Embryogenesis / S. Kereša et al. Agronomy. 2021. 11. 876 p. DOI: 10.3390/agronomy11050876.
9. Гіпотермічне та низькотемпературне зберігання рослин-регенерантів і меристем часнику (*Allium sativum* L.) для створення *in vitro* колекцій / Т.В. Івченко та ін. Problems of cryobiology and cryomedicine: наук.-теорет. журн. 2017. 27(2). С. 110–120. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/KrioBiol_2017_27_2_4.
10. Мацкевич В.В. Як отримують безвірусний часник. Плантатор. 2018. № 5. С. 44–45.
11. *In vitro* Induction and Phenotypic Variations of Autotetraploid Garlic (*Allium sativum* L.) With Dwarfism / Y. Wen et al. Front. Plant Sci. 2022. 13. 917910. DOI: 10.3389/fpls.2022.917910
12. Yanmaz R., Yazar E., Kantoglu Y.T., Alper A. *In vitro* plant regeneration and bulblet formation of Tunceli garlic (*Allium tuncelianum* (Kollman) Özhatay, Matthew, Siraneci) by shoot and root culture. Journal of Food, Agriculture & Environment. 2010. 8(3–4). P. 572–576.
13. *In vitro* culture techniques for disease free propagules production in garlic (*Allium sativum*), a spicy vegetable with therapeutic characteristics / S. Rajesh et al. Applied Ecology and Environmental Research. 2024. 22. P. 2941–2957. DOI: 10.15666/aecer/2204_29412957.
14. Assessment of antibacterial activity of *in vitro* and *in vivo* grown garlic (*Allium sativum* L.) / A. Fatima et al. Pakistan Journal of Botany. 2011. 43(6). P. 3029–3033.
15. Bekheet S.A. A synthetic seed method through encapsulation of *in vitro* proliferated bulblets of garlic (*Allium sativum* L.). Arab J Biotech. 2006. 9(3). P. 415–426.
16. Metwally E.I., El-Denari M.E., Dewir Y.H., Naidoo Y. *In vitro* propagation of garlic (*Allium sativum* L.) through adventitious shoot organogenesis. African Journal of Biotechnology. 2014. 13(38). P. 623–638.
17. *In vitro* propagation of Tunisian local garlic (*Allium sativum* L.) from shoot tip culture / C. Ayed et al. Journal of Horticulture and Postharvest Research. 2018. 1(2). P. 75–86. DOI: 10.22077/jhpr.2018.1457.1016
18. Mujica H., Sanabria M.E., Mogollón N., Perozo Y. Formación *in vitro* del bulbo del ajo

morado (*Allium sativum* L.). Revista de la Facultad de Agronomía. 2008. 25(2). P. 197–210. URL: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200001.

19. Pardo A., Rivero S., Alvarado G. Conservación in vitro de microbulbos de ajo (*Allium sativum* L.). Bioagro. 2014. 26(2). P. 115–122.

20. Al-Safadi B., Faoury H. Evaluation of salt tolerance in Garlic (*Allium sativum* L.) cultivars using in vitro techniques. Advances in Horticultural Science. 2004. 18(3). P. 115–120. URL: <http://www.jstor.org/stable/42882324>.

21. Novák F.J., Havel L. Shoot production from in vitro cultured flower heads of *Allium porrum* L. Biol Plant. 1981. 23. P. 266–269. DOI: 10.1007/BF02895362.

22. Nair A.S., Seo B.B. Plantlet regeneration from callus initiated from flower buds in the wild species *Allium senescens* var. *minor*. Plant Cell Tissue Organ Cult. 1993. 34. P. 205–207. DOI: 10.1007/BF00036103.

23. El-Nil M.M.A. Organogenesis and embryogenesis in callus cultures of garlic (*Allium sativum* L.). Plant Science Letters. 1977. 9(3). P. 259–264. DOI: 10.1016/0304-4211(77)90035-9.

24. Bhojwani S.S. In vitro propagation of garlic by shoot proliferation. Scientia Horticulturae. 1980. 13(1). P. 47–52. DOI: 10.1016/0304-4238(80)90021-7.

25. Rauber M., Grunewaldt J. In vitro regeneration in *Allium species*. Plant Cell Reports. 1988. 7. P. 426–429.

26. Ayabe M., Sumi S. Establishment of a novel tissue culture method, stem-disc culture, and its practical application to micropropagation of garlic (*Allium sativum* L.). Plant Cell Reports. 1998. 17. P. 773–779. DOI: 10.1007/s002990050481.

27. Genetic variability in callus formation and regeneration of garlic (*Allium sativum* L.) / X. Barandiaran et al. Plant Cell Reports. 1999. 18. P. 434–437. DOI: 10.1007/s002990050599.

28. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslin>.

29. Кушнір Г.П., Сарнацька В.В. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика. Київ: Наук. думка, 2005. 270 с.

30. Мікроклональне розмноження рослин: навч.-метод. посіб. Суми, 2023. 215 с.

31. Murashige T., Skoog F.A. Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. Plant Physiology. 1962. 15. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x/.

32. Dunstan D.I., Short K.C. Improved Growth of Tissue Cultures of the Onion, *Allium cepa*. Physiologia Plantarum. 1977. 41 (1). P. 70–72. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1977.tb01525.x

33. Gamborg O.L., Murashige T., Thorpe T.A., Vasil I.K. Plant tissue culture media. In vitro. 1976. 12(7). P. 473–478.

34. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження видів рослин in vitro та їх постасептична

адаптація: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.05. Суми, 2020. 478 с.

35. Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Олешко О.Г. Фізіологія та біотехнологія рослин: підручник. Біла Церква: БНАУ, 2022. 427 с.

36. Манушкіна Т.М. Біотехнологія в рослинництві: курс лекцій. Миколаїв: МНАУ, 2014. 51 с.

37. Геноміка: навч. посіб. / В.М. Попов та ін. Харків: ХНАУ, 2020. 104 с.

38. Терек О.І., Пацула О.І. Ріст і розвиток рослин: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.

REFERENCES

1. Melnyk, O.V., Mytenko, I.M. (2020). Vyroshchuvannya chasnyku ozymoho: rekomendatsii [Growing winter garlic: recommendations]. Kyiv, Agrarian science, 52 p.

2. DSTU 5048:2008 Chasnyk. Tekhnolohiia vyroshchuvannya. Zahalni vymohy [Garlic. Cultivation technology. General requirements]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2010, 11 p.

3. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2017). Osnovni problemy rozsadnytstva i tekhnolohii vyroshchuvannya chasnyku ozymoho v Ukraini [The main problems of winter garlic nursery and growing technologies in Ukraine]. Naukovi poshuky molodi u tretomu tysiacholitti: mat. Mizhnar. nauk.–prakt. konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv i doktorantiv [Young scientific thoughts in the third millennium: materials of the international scientific and practical conference of young scientists, graduate and doctoral students]. Bila Tserkva, BNAU, Part 1, pp. 15–16. Available at: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/1839/1/Osnovni_problemy%20%282%29.pdf

4. Makovei, Yu. (2025). Defitsyt chasnyku v Ukraini – na skilky vyhidne yoho vyroshchuvannya [Garlic shortage in Ukraine – how profitable is it to grow it?]. Available at: <https://kurkul.com/spetsproekty/1665-defitsit-chasnyku-v-ukrayini-naskilki-vigidne-yogo-viroshchuvannya>

5. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2020). Otsinka sortiv i mistsevykh form chasnyku ozymoho za hospodarsko tsinnymy oznakamy v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of varieties and local forms of winter garlic according to economically valuable traits in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Ahrobiolohiia: zb. nauk. prats [Agrobiology: collection of scientific works]. Bila Tserkva, BNAU, Issue 1 (157), pp. 169–174.

6. Yatsenko, V.V. (2021). Adaptivna minlyvist chasnyku ozymoho i biolohizatsiia tekhnolohii vyroshchuvannya: monohrafiia [Adaptive variability of winter garlic and biologization of cultivation technology]. Dnipro, Seredniak T.K., 179 p.

7. Benke, A.P., Krishna, R., Khandagale, K., Gawande, S., Shelke, P., Dukare, S., Dhupal, S., Singh, M., Mahajan, V. (2023). Efficient Elimination of Viruses from Garlic Using a Combination of Shoot Meristem Culture, Thermotherapy, and Chemical Treatment. Pathogens. no. 12(1), 129 p. DOI: 10.3390/pathogens12010129.

8. Kereša, S., Kurtović, K., Ban, S.G., Vončina, D., Jerčić, I.H., Bolarić, S., Lazarević, B., Godena, S., Ban, D., Mihovilović, A.B. (2021). Production of Virus-Free Garlic Plants through Somatic Embryogenesis. *Agronomy*. no. 11, 876 p. DOI: 10.3390/agronomy11050876.
9. Ivchenko, T.V., Vitsenia, T.I., Shevchenko, N.O., Bashtan, N.O., Kornienko, S.I. (2017). Hipotermichne ta nyzkotemperaturne zberihannia roslyn-rehenerativ i merystem chasnyku (*Allium sativum* L.) dlia stvorennia *in vitro* koleksii [Hypothermic and low-temperature storage of regenerant plants and meristems of garlic (*Allium sativum* L.) for the creation of *in vitro* collections]. *Problems of cryobiology and cryomedicine: nauk.-teoret. zhurn. [Problems of cryobiology and cryomedicine: scientific-theoretical journal]*. Vol. 27, no. 2, pp. 110–120. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/KrioBiol_2017_27_2_4.
10. Matskevych, V.V. (2018). Yak otrymuiut bezvirusnyi chasnyk [How to get virus-free garlic]. *Plantator [Planter]*. no. 5, pp. 44–45.
11. Wen, Y., Liu, H., Meng, H., Qiao, L., Zhang, G., Cheng, Z. (2022). *In vitro* Induction and Phenotypic Variations of Autotetraploid Garlic (*Allium sativum* L.) With Dwarfism. *Front. Plant Sci.* no. 13, 917910. DOI: 10.3389/fpls.2022.917910.
12. Yanmaz, R., Yazar, E., Kantoglu, Y.T., Alper, A. (2010). *In vitro* plant regeneration and bulblet formation of Tunceli garlic (*Allium tuncelianum* (Kollman) Özhatay, Matthew, Siraneci) by shoot and root culture. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. no. 8(3–4), pp. 572–576.
13. Rajesh, S., Meena, S., Radhamani, T., Sivakumar, P., Shenbagavalli, S., Srimathipriya, L., Prabhu, T., Anitha, T., Sathish, G., Suganya Kanna, S., Balakumbahan, R., Rajadurai, K., Nageswari, K., Rajangam, J. (2024). *In vitro* culture techniques for disease free propagules production in garlic (*Allium sativum*), a spicy vegetable with therapeutic characteristics. *Applied Ecology and Environmental Research*. no. 22, pp. 2941–2957. DOI: 10.15666/aeer/2204_29412957.
14. Fatima, A., Ahmad, T., Khan, S.J., Deeba, F., Zaidi, N. (2011). Assessment of antibacterial activity of *in vitro* and *in vivo* grown garlic (*Allium sativum* L.). *Pakistan Journal of Botany*. no. 43(6), pp. 3029–3033.
15. Bekheet, S.A. (2006). A synthetic seed method through encapsulation of *in vitro* proliferated bulb-lets of garlic (*Allium sativum* L.). *Arab J Biotech.* no. 9(3), pp. 415–426.
16. Metwally, E.I., El-Denari, M.E., Dewir, Y.H., Naidoo, Y. (2014). *In vitro* propagation of garlic (*Allium sativum* L.) through adventitious shoot organogenesis. *African Journal of Biotechnology*. no. 13(38), pp. 623–638.
17. Ayed, C., Bayoudh, C., Rhimi, A., Mezghani, N., Haouala, F., AL Mohandes Dridi, B. (2018). *In vitro* propagation of Tunisian local garlic (*Allium sativum* L.) from shoot tip culture. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*. Issue 2, pp. 75–86. DOI: 10.22077/jhpr.2018.1457.1016 https://jhpr.birjand.ac.ir/article_780.html.
18. Mujica, H., Sanabria, M. E., Mogollón, N., Perozo, Y. (2008). Formación *in vitro* del bulbo del ajo morado (*Allium sativum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*. no. 25(2), pp. 197–210. Available at: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200001.
19. Pardo, A., Rivero, S., Alvarado, G. (2014). Conservación *in vitro* de microbulbos de ajo (*Allium sativum* L.). *Bioagro*. no. 26(2), pp. 115–122.
20. Al-Safadi, B., Faoury, H. (2004). Evaluation of salt tolerance in Garlic (*Allium sativum* L.) cultivars using *in vitro* techniques. *Advances in Horticultural Science*. no. 18(3), pp. 115–120. Available at: <http://www.jstor.org/stable/42882324>.
21. Novák, F.J., Havel, L. (1981). Shoot production from *in vitro* cultured flower heads of *Allium porrum* L. *Biol Plant*. no. 23, pp. 266–269. DOI: 10.1007/BF02895362.
22. Nair, A.S., Seo, B.B. (1993). Plantlet regeneration from callus initiated from flower buds in the wild species *Allium senescens* var. minor. *Plant Cell Tiss Organ Cult*. no. 34, pp. 205–207. DOI: 10.1007/BF00036103.
23. El-Nil, M.M.A. (1977). Organogenesis and embryogenesis in callus cultures of garlic (*Allium sativum* L.). *Plant Science Letters*. no. 9(3), pp. 259–264. DOI: 10.1016/0304-4211(77)90035-9.
24. Bhojwani, S.S. (1980). *In vitro* propagation of garlic by shoot proliferation. *Scientia Horticulturae*. no. 13(1), pp. 47–52. DOI: 10.1016/0304-4238(80)90021-7.
25. Rauber, M., Grunewaldt, J. (1988). *In vitro* regeneration in *Allium* species. *Plant Cell Reports*. no. 7, pp. 426–429.
26. Ayabe, M., Sumi, S. (1998). Establishment of a novel tissue culture method, stem-disc culture, and its practical application to micropropagation of garlic (*Allium sativum* L.). *Plant Cell Reports*. no. 17, pp. 773–779. DOI: 10.1007/s002990050481.
27. Barandiaran, X., Martín, N., Rodríguez-Conde, M. (1999). Genetic variability in callus formation and regeneration of garlic (*Allium sativum* L.). *Plant Cell Reports*. no. 18, pp. 434–437. DOI: 10.1007/s002990050599.
28. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine]. 2025. Available at: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslyn>.
29. Kushnir, H.P., Sarnatska, V.V. (2005). Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn. Teoriia i praktyka [Microclonal plant propagation. Theory and practice]. Kyiv, Scientific thought, 270 p.
30. Matskevych, V.V., Kravchenko, N.V., Podhaietskyi, A.A. (2023). Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn: navch.-metodych. posib. [Microclonal propagation of plants: a teaching and methodological manual]. Sumy, 215 p.
31. Murashige, T., Skoog, F.A. (1962). Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays

with Tobacco Tissue Cultures. Plant Physiology no. 15, pp. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399–3054.1962.tb08052.x/.

32. Dunstan, D.I., Short, K.C. (1977). Improved Growth of Tissue Cultures of the Onion, *Allium cepa* Physiologia Plantarum. no. 41 (1), pp. 70–72. DOI: 10.1111/j.1399–3054.1977.tb01525.x.

33. Gamborg, O.L., Murashige, T., Thorpe, T.A., Vasil, I.K. (1976). Plant tissue culture media. In vitro no. 12(7), pp. 473–478.

34. Matskevych, V.V. (2020). Mikroklonalne rozmnozheniia vydiv roslin in vitro ta yikh postaseptychna adaptatsiia: dys. ... dok. s.-h. nauk: 06.01.05 [Microclonal propagation of plant species in vitro and their post-aseptic adaptation: dissertation of Doctor of Sciences]. Sumy, 478 p.

35. Matskevych, V.V., Filipova, L.M., Oleshko, O.H. (2022). Fiziologhiia ta biotekhnologhiia roslin: pidruchnyk [Plant Physiology and Biotechnology] Bila Tserkva, BNAU, 427 p.

36. Manushkina, T.M. (2014). Biotekhnologhiia v roslinnytstvi: kurs lektii [Biotechnology in crop production: course of lectures]. Mykolaiv, MNAU, 51 p.

37. Popov, V.M., Dolhova, T.A., Lymanska, S.V. (2020). Henomika: navch. posib. [Genomics]. Kharkiv, KhNAU, 104 p.

38. Terek, O.I., Patsula, O.I. (2011). Rist i rozvytok roslin: navch. posibnyk [Plant growth and development]. Lviv, LNU after name Ivana Franka, 328 p.

Mineral composition of nutrient media as a determinant of *in vitro* cultivation of *Allium sativum* L.

Filipova L., Matskevych V., Yezerkovska L., Karaulna V., Omelchenko O., Liaskivska O.

For the development of commercial seed production and modern scientific research in the field of agricultural production, in particular the cultivation of garden garlic (*Allium sativum* L.), an urgent task is to improve existing and create new biotechnological protocols for promising varieties. One of the key aspects of this task is the study of the effects of nutrient media with different mineral compositions on the efficiency of *in vitro* regenerants, which necessitates the selection of optimal conditions for a specific variety.

The aim of this study was to determine the effect of nutrient media differing in mineral composition on the growth and development of garlic plants of the «Ukrainian White Gulyaypolsky» and «Lyubasha» varieties *in vitro*, with the subsequent possibility of regulating ontogenesis in industrial cultivation conditions.

Experimental studies were conducted in the biotechnology laboratory of the «Berry Farm Ukraine» agricultural enterprise and the scientific and educational laboratory «Plant Biotechnology» of Bila Tserkva National Agrarian University. Cultivation was carried out according to generally accepted methods using MS, B5, Hi, BDS та KB nutrient media, which differed in mineral composition, at three stages of microclonal propagation: initiation of aseptic culture, multiplication, and rhizogenesis.

The results showed varietal differences in the efficiency of *in vitro* garlic regenerants depending on the mineral composition of the nutrient media. Based on a set of biometric and phenological parameters, the cultivar «Liubasha» outperformed «Ukrainskyi Bilyi Hulaiipilskyi», indicating its higher morphogenetic potential in tissue culture. To optimize the microclonal propagation technology of «Ukrainian White», «Hulaiipilskyi», and «Lyubasha» garlic varieties at the stage of introducing explants into aseptic culture, it is advisable to use BDS nutrient medium. The smallest number of vitrified plants was observed in this nutrient medium – 2.4–2.9 %. At the multiplication stage, it is recommended to use a cyclic scheme of alternating media: four consecutive passages on BDS medium followed by one passage on Ni unloading medium, which ensures the stability of growth processes during long-term cultivation. At the rhizogenesis stage, the use of the KV medium proved to be optimal. The data obtained are the basis for improving biotechnological methods of mass propagation and preservation of the garlic gene pool, and are also of practical interest for selection, in particular in the selection of genotypes with high morphogenetic potential.

Key words: microclonal propagation, mineral composition of the medium, regenerant, unloading medium, aseptic conditions, micro shoots, rhizogenesis.



Copyright: Філіпова Л.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Філіпова Л.М.

Мацкевич В.В.

Єзерковська Л.В.

Караульна В.М.

<https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>

<https://orcid.org/0000-0002-9314-8033>

<https://orcid.org/0000-0002-6644-120X>

<https://orcid.org/0000-0002-9141-9880>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.63:631.8:631.92

Встановлення потенціалу продуктивності буряків цукрових як сировини для виробництва біопалива залежно від системи удобрення

Хіврич О.Б.¹ , Гументик М.Я.¹ , Квак В.М.¹ , Фурса А.В.² ,
Клименко В.П.³ , Атаманюк О.М.³ , Сенчук С.М.³ 

¹ Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

² Національний університет біоресурсів і природокористування України

³ Білоцерківська ДСС ІБКіЦБ НААН України



E-mail: sashahob@ukr.net



Хіврич О.Б., Гументик М.Я., Квак В.М., Фурса А.В., Клименко В.П., Атаманюк О.М., Сенчук С.М. Встановлення потенціалу продуктивності буряків цукрових як сировини для виробництва біопалива залежно від системи удобрення. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 223–232.

Khivrich O., Humentyk M., Kvak V., Fursa A., Senchuk S., Klimenko V., Atamanyuk O. Determining the productivity potential of sugar beets as a raw material for biofuel production depending on the fertilization system. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 223–232.

Рукопис отримано: 18.09.2025 р.

Прийнято: 03.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-223-232

З кожним роком збільшується запит на відновлювану енергію, отриману з рослинної біомаси, що обумовлює потребу у формуванні нової енергетичної політики держави. Документом, який окреслює стратегічні орієнтири розвитку паливно-енергетичного комплексу України на період до 2035 року є – «Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Серед великого різноманіття сільськогосподарських рослин, що можуть бути використані на енергетичні цілі особливе місце займають буряки цукрові, які мають низку переваг, а саме: висока врожайність та вміст сухої речовини в коренеплодах, їх цукристість; біомаса легко піддається бродінню; відмінний вихід метану з одиниці площі тощо.

Диверсифікація джерел і шляхів постачання енергоресурсів, нарощування вітчизняного виробництва сприятимуть підвищенню економічної, екологічної та особливо енергетичної безпеки держави.

Висвітлено результати досліджень впливу системи удобрення мікробіологічних препаратів та органо-мінеральних добрив на продуктивність буряків цукрових та вихід з них біопалива.

Метою роботи було підвищення енергетичного потенціалу буряків цукрових як сировини для виробництва біопалива за різних систем удобрення в умовах Лісостепу України.

Предмет досліджень – елементи технології вирощування буряків цукрових на енергетичні цілі, їх аналіз та оцінювання.

Дослідження проводили на Білоцерківській дослідно-селекційній станції ІБКіЦБ в 2021–2023 рр. в зоні нестійкого зволоження центральної частини Правобережного Лісостепу України.

Встановлено, що найбільш ефективною є схема удобрення буряків цукрових за внесення препаратів Граундфікс (5,0 л/га) під передпосівну культивуацію та Хелпрост бор (1,0 л/га) у фазу змикання листя в рядках за основного удобрення $N_{90}P_{90}K_{90}$ з врожайністю коренеплодів 64,6 т/га та листя 38,8 т/га. Це дозволило отримати найбільші розрахункові значення виходу біоетанолу та біогазу, що становить 4,5 т/га і 13,7 тис.м³/га відповідно.

Ключові слова: буряки цукрові, добрива, біопаливо, біоетанол, біогаз.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Рослини, які вирощують спеціально на енергетичні цілі (енергетичні рослини), можуть замінити значну частку традиційного палива, оскільки в Україні в наявності до 3 млн га незадіяних сільськогосподарських земель, з яких використовується лише 0,1 %. Вирощування енергетичних рослин навіть на 1 млн га може замінити половину всього імпортованого газу [1].

Перехід економіки України на низьковуглецеве пальне є важливою складовою політики держави із забезпечення сталого розвитку, зокрема, у контексті глобальних цілей сталого розвитку на період до 2030 р. [2].

Завданням Стратегії низьковуглецевого розвитку (СНВР) передбачається:

- перехід до енергосистеми, яка передбачає використання джерел енергії з низьким вмістом вуглецю, розробку джерел чистої електричної та теплової енергії, підвищення енергоефективності й енергозбереження в усіх секторах економіки та на об'єктах житлово-комунальної інфраструктури, стимулювання використання альтернативних нафтопродуктам моторних палив, зокрема для вантажних і пасажирських перевезень завдяки більш екологічно чистим видам транспорту;
- збільшення обсягів поглинання й утримання вуглецю завдяки застосуванню кращих практик ведення сільського та лісового господарства, адаптованих до зміни клімату;
- скорочення викидів парникових газів (ПГ), таких як метан та закис азоту (N_2O), пов'язаних переважно з виробництвом викопного палива, сільським господарством і відходами [2].

Україна, як за земельними ресурсами і рослинним потенціалом, так і за наявністю власних виробничих потужностей, має всі необхідні умови для виробництва рідкого та газоподібного палива. Найбільш універсальним і ефективним енергоносієм з усіх біологічних видів палива є біогаз, який отримують з відтворюваної сировини і органічних відходів [3]. Він є поновлюваним джерелом енергії, яке утворюється під час біохімічного процесу, що відбувається під впливом анаеробних бактерій, тобто тих, що живуть без кисню [4–5].

Важливим є стимулювання виробництва електроенергії з біопалива, отриманого не лише з відходів біомаси, а також зі спеціально вирощеної рослинної сировини. Паралельно доцільним є впровадження у виробництво біометану для прямого заміщення природного газу або більш ефективної енергетичної ути-

лізації біогазу у виробництві електроенергії та тепла [6].

Буряки цукрові, порівняно з багатьма іншими сільськогосподарськими культурами, які можна використовувати на енергетичні цілі, є одними з найбільш ефективним, з 1 га яких можна отримати близько 10,9 тис. m^3 біогазу з вмістом метану близько 60 % або 3,5–4,0 т біоетанолу. Однак буряки цукрові є досить вибагливою культурою до умов мінерального живлення [7]. На відміну від інших сільськогосподарських культур, вони виносять значно більше елементів живлення і потребують збалансованого удобрення азотними, фосфорними і калійними добривами [8–11]. Для формування 1 тонни біологічного врожаю буряки цукрові виносять із ґрунту близько 5–6 кг азоту, 1,5–2 кг фосфору та 5,5–7,5 кг калію [12]. Тому система удобрення, яка дозволяє сформувати у ґрунті сприятливі умови мінерального живлення для рослин, є найбільш дієвим чинником впливу на перебіг основних фізіологічних процесів у рослинах, визначає динаміку їх росту і розвитку та впливає на кінцеву продуктивність [13–14]. Серед основних чинників, що впливають на ефективність застосування добрив, є попередники та передпопередники, тобто місце буряків у сівозміні, рівень забезпечення ґрунту елементами живлення, особливості накопичення та збереження вологи в ґрунті з урахуванням зазначених вище чинників, що визначає необхідність оптимізації доз, форм, способів і термінів застосування мінеральних добрив [15].

Важливим чинником отримання стабільних врожаїв буряків є формування сприятливих для росту і розвитку рослин умов фосфорного і калійного живлення. Практика ведення аграрного виробництва в останні два десятиліття супроводжується щорічним дефіцитом калію і фосфору в ґрунті в межах 40–60 кг/га, що погіршує умови живлення рослин та спричиняє зниження їх продуктивності [16].

Буряки цукрові досить чутливі до дефіциту фосфорного живлення на початку і наприкінці вегетації [17]. Достатнє забезпечення рослин фосфором на початку вегетації сприяє інтенсивному росту і розвитку кореневої системи, наприкінці вегетації – синтезу цукрів у листових пластинках, відтоку цукрів до коренеплідів, що істотно підвищує їх цукристість, збільшує біологічний збір цукру [18–19]. Калій потрібен рослинам упродовж періоду вегетації, активує процеси фотосинтезу, сприяє синтезу цукрів у листових

пластинках, їх відтоку та накопиченню у коренеплодах [20]. Валові запаси калію у ґрунті досить високі, майже у декілька разів переважають запаси азоту, однак для рослин це здебільшого недоступні або малодоступні форми. Тому застосування добрив і формування сприятливого для росту і розвитку буряків цукрових калійного режиму чорноземних ґрунтів є важливим чинником підвищення їх біологічної продуктивності [21].

Значення мікроелементів у житті рослин багатогранне. Вони активують роботу ферментів, посилюють фотосинтез, сприяють інтенсивному росту та розвитку рослин, підвищують їх біологічну продуктивність [22, 23].

Підживлення буряків цукрових комплексним мікродобривом у фазу змикання листків у рядках подовжує фізіологічну тривалість життя листків, підвищує їх врожайність [24]. Перспективним є внесення композиційних мікродобрив, які містять не менше шести найбільш необхідних рослинам мікроелементів [25–28], що збільшує площу листків у фазу змикання у міжряддях, підвищується фотосинтетичний потенціал рослин. Ефективність позакоренових підживлень мікродобривами буряків значно зростає за поєднаного їх внесення з регуляторами росту [29–31].

Оптимізація доз внесення мінеральних добрив та активізація процесів росту і розвитку рослин завдяки проведенню позакоренових підживлень новими комплексними мікродобривами в суміші з регуляторами росту та мікроорганізмами потребує додаткового вивчення, а тому дослідження за вказаною тематикою є актуальними і відповідають потребам сучасного виробництва.

Мета роботи – підвищення енергетичного потенціалу буряків цукрових як сировини для виробництва біопалива за різних систем удобрення в умовах Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Дослід закладали з гібридом буряків цукрових 'Злука', оригіном якого є Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН та Білоцерківська дослідно-селекційна станція. Триплоїдний гібрид занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Цей гібрид має високий потенціал врожайності, вміст сухих речовин в коренеплодах та листках. Стійкий до комплексу хвороб. За показниками про-

дуктивності може бути рекомендованим для вирощування на біопаливо в зоні нестійкого зволоження центральної частини Правобережного Лісостепу України. Придатний для вирощування в зоні Лісостепу та Степу.

Отримані експериментальні дані обробляли в лабораторних умовах, а також статистично із застосуванням дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів. Площа посівної ділянки 54 м², облікової – 40 м², повторність досліду – триразова. Дослід закладали методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти досліду розміщували по ділянках послідовно. Кінцева густина стояння рослин – 100 тис. шт./га (або 4,5 рослин на 1 м рядка).

У роботі використовували препарати компанії BTU Biotech company:

- **ГРАУНДФІКС (ГФ)** – мікробіологічне добриво, що вносять під передпосівну культувацію для мобілізації фосфору і калію з нерозчинних сполук, фіксації азоту та підвищення використання мінеральних добрив. Складається з фосфор- та каліймобілізуючих бактерій, силікатруйнуючих бактерій, природних ендofітів та ґрунтових азотфіксаторів, інша корисна мікрофлора (молочнокислі бактерії, продуценти целюлаз та інших ферментів), вітаміни, фітогормони, амінокислоти);

- **ОРГАНІК-БАЛАНС (ОБ)** – концентрат суміші життєздатних та інактивованих мікроорганізмів і їх активних метаболітів (складається з живих азотфіксуючих бактерій, фосфор- та каліймобілізуючих, що перетворюють важкорозчинні сполуки на доступні для рослин форми: фосфор, калій та ін., бактерій з фунгіцидними властивостями, що захищають рослини від бактеріальних та грибкових хвороб);

- **ХЕЛПРОСТ БОР (ХБ)** – орґано-мінеральне добриво, призначене для позакоренового підживлення культур, які в період вегетації чутливі до дефіциту бору. Цей препарат попереджає некрози, хлорози, деформацію та відмирання листя, запобігає відмиранню точок росту, утворенню плодovих та коренових гнилей; покращує процеси цвітіння, запилення та утворення зав'язі, покращує розвиток кореневої системи, підсилює зимостійкість, сприяє накопиченню цукрів.

Препарати вносили в різний період вегетації на фоні основного осіннього внесення добрив – N₉₀P₉₀K₉₀.

Обліки і спостереження в досліді проводили згідно з методикою ІБКІЦБ (динаміку появи сходів, польову схожість та густоту

стояння рослин, динаміку проходження фаз росту та розвитку рослин буряків). Визначали: середню масу коренеплодів та листя; загальну врожайність коренеплодів та листя; цукристість коренеплодів; вміст сухої речовини у коренеплодах і листках [32].

У м'язгі коренеплодів та листках буряків цукрових визначали вміст сухих речовин – термостатно-ваговим методом, в усіх рослинних зразках загальний азот, фосфор і калій після мокрого озолення (сірчана кислота + перекис водню) визначали загальноприйнятими методами, вираховували винос основних елементів живлення і коефіцієнти їх використання, складали баланс N, P, K у сівозмінах. Статистичну обробку експериментальних результатів виконано методами кореляційного, дисперсійного та факторного аналізів [33–35]. Розрахунок виходу біопалива та енергії проводили за методичними рекомендаціями, розробленими в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН [36].

Врожай коренеплодів збирали поділяючи з наступним зважуванням і перерахунком на 1 га. Цукристість та технологічні якості коренеплодів в період збирання врожаю буряків цукрових визначали на технологічній лінії «Венема».

Схема досліду:

Варіант 1. Контроль (без добрив).

Варіант 2. Фон – Граундфікс (5 л/га) під передпосівну культивуацію (ГФ).

Варіант 3. Фон + Органік баланс (0,5 л/га) у фазу 3–4 пари листків (ГФ+ОБ у фазу 3–4 пари листків).

Варіант 4. Фон + Хелпрост бор (1,0 л/га) у фазу 3–4 пари листків (ГФ+ХБ у фазу 3–4 пари листків).

Варіант 5. Фон + Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост бор (1,0 л/га) у фазу 3–4 пари листків (ГФ+ОБ+ХБ у фазу 3–4 пари листків).

Варіант 6. Фон + Органік баланс (0,5 л/га) у фазу змикання листків у рядках (ГФ+ОБ у фазу змикання листків у рядках).

Варіант 7. Фон + Хелпрост бор (1,0 л/га) у фазу змикання листків у рядках (ГФ+ХБ у фазу змикання листків у рядках).

Варіант 8. Фон + Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост бор (1 л/га) у фазу змикання листків у рядках (ГФ+ОБ+ХБ у фазу змикання листків у рядках).

Дослід закладали методом систематичних повторювань, в кожному повторенні варіанти досліду розміщували у ділянках послідовно.

Сівбу проводили насінням, обробленим захисними та стимулюючими препаратами, на глибину 2,5–3,5 см, з шириною міжрядь 45 см.

Дослідне поле БЦ ДСС розміщене на чорноземах типових крупнопилуватого середньосуглинкового механічного складу, з глибиною гумусового шару від 100 до 120 см з вмістом гумусу в орному шарі (0–30 см) – 3,05 %, що характерно для малогумусних чорноземів. Реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної (рН сольової витяжки становить 6,5). Ємність поглинання коливається від 24,8 до 25,4 мг-екв. на 100 г сухого ґрунту, насиченість поглинаючого комплексу – 82–97 %; лужногідролізованого азоту в орному шарі ґрунту – 127,7 мг/кг ґрунту за Корнфільдом; рухомих форм фосфору – 189,0 мг/кг ґрунту (P_2O_5) та обмінного калію – 113,0 мг/кг ґрунту (K_2O) за Чіріковим.

Основним джерелом зволоження ґрунту є атмосферні опади. Опади впродовж року випадають нерівномірно, найбільша їх частина припадає на теплий період, особливо на середину літа. В окремі роки навесні спостерігається період без дощів, що негативно впливає на ріст і розвиток культур. Сума ефективних температур (сума температур вище 10 °С за вегетаційний період) становить 2500–2800 °С. Кількість опадів за рік – 538 мм. За даними Білоцерківської метеорологічної станції середня багаторічна температура повітря становить +6,9 °С.

Результати дослідження та обговорення. Відповідно до програми досліджень, в умовах нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України на землях Білоцерківської ДСС в 2021–2023 рр. було закладено дослід на 8 варіантах. Досліджували вплив системи удобрення, яка передбачала внесення основного удобрення восени під оранку та весняно-літнє післясходове по вегетуючих рослинах, на процеси росту і розвитку рослин буряків цукрових та їх продуктивність, визначено енергетичну ефективність вирощування буряків як сировини для виробництва біопалива.

Зокрема, за результатами 3-річних досліджень найбільш ефективною схемою удобрення був варіант 7, відповідно до якої навесні під передпосівну культивуацію вносили мікробіологічне добриво Граундфікс для мобілізації фосфору і калію з нерозчинних сполук, фіксації азоту та підвищення використання мінеральних добрив, та Хелпрост бор – у фазу змикання листків у рядках, призначене для позакореневого підживлення культур, які в період вегетації чутливі до дефіциту

бору. За цього варіанту отримано найбільшу врожайність як коренеплодів буряків, що становила 64,6 т/га, так і листового апарату – 38,8 т/га (табл. 1). Водночас досить високі значення вмісту сухої речовини в коренеплодах (21,3 %) та листках (18,2 %). Проте підвищення врожайності буряків цукрових призвело до зниження цукристості коренеплодів, що є одним з найменших в досліді – 15,9 %. Досить високі значення врожайності коренеплодів та листового апарату буряків цукрових отримано на варіанті 8 за внесення Граундфікс, Органік Баланс та Хелпрост бор у фазу змикання листків у рядках, що становить 60,7 та 37,7 т/га відповідно. Контрольний варіант, без внесення добрив під час вегетації, характеризується найбільшою цукристістю коренеплодів (16,6 %) та високим вмістом у них сухої речовини (21,6 %), однак за найменшої врожайності буряків у досліді.

Важливим додатковим джерелом отримання біогазу є листовий апарат, а також вміст в ньому сухої речовини. За результатами проведених досліджень, на варіанті 3 з внесенням препаратів Граундфікс та Органік Баланс у фазу 3–4 пари листочків отримано максимальне значення сухої речовини –

20,6 % за досить високої врожайності листової біомаси – 36,7 т/га. Однак врожайність коренеплодів менша на 9,9 т/га за кращий варіант в досліді та становить 54,7 т/га (табл. 1).

Буряки цукрові є досить ефективним джерелом для виробництва біопалива. Зокрема, за розрахунками виходу біопалива, наведеними в таблиці 2, найбільш ефективною системою удобрення буряків є схема з внесенням препарату Граундфікс під передпосівну культивування та препарату Хелпрост бор у фазу змикання листків у рядках (варіант 7). За цього варіанту, завдяки більшим значенням врожайності коренеплодів і листової маси, вихід біоетанолу та біогазу є найбільшими, що становить 4,5 т/га і 13,7 тис. м³/га відповідно.

Досить високі розрахункові значення виходу біопалива отримано за внесення препарату Граундфікс під передпосівну культивування та Органік баланс у фазу 3–4 пари листочків (варіант 3) – 4,2 т/га біоетанолу та 13,0 тис. м³/га біогазу. Це досягнуто завдяки показнику цукристості коренеплодів, який за варіанту 3 є одним з найвищих в досліді (16,3 %) та вмісту сухої речовини як в коренеплодах (21,4 %), так і листках (20,6 %), що також враховується під час розрахунків.

Таблиця 1 – Продуктивність буряків цукрових залежно від системи удобрень, 2021–2023 рр.

Схема варіанту	Врожайність коренеплодів, т/га	Цукристість коренеплодів, %	Вміст сухої речовини в коренеплодах, %	Врожайність листя, т/га	Вміст сухої речовини в листках, %
1. Контроль (без добрив)	47,5	16,6	21,6	29,3	18,4
2. ГФ	51,3	16,2	21,4	31,6	17,8
3. ГФ+ОБ у фазу 3–4 пари листків	54,7	16,3	21,1	36,7	20,6
4. ГФ+ХБ у фазу 3–4 пари листків	52,0	16,0	20,5	32,8	17,6
5. ГФ+ОБ+ХБ у фазу 3–4 пари листків	54,1	15,8	21,7	35,1	16,3
6. ГФ+ОБ у фазу змикання листків у рядках	54,8	15,9	21,2	36,2	17,7
7. ГФ+ХБ у фазу змикання листків у рядках	64,6	15,9	21,3	38,8	18,2
8. ГФ+ОБ+ХБ у фазу змикання листків у рядках	60,7	15,4	20,8	37,7	16,5
	P = 1,8 % НІР ₀₅ = 3,0 т/га	P = 1,4 % НІР ₀₅ = 0,6 %			

Таблиця 2 – Розрахунковий вихід біопалива з буряків цукрових, 2021–2023 рр.

Схема варіанту	Вихід біостанолу з коренеплодів, т/га	Вихід біогазу з листя та коренеплодів, тис. м³/га
1. Контроль (без добрив)	3,6	10,9
2. ГФ	3,9	11,6
3. ГФ+ОБ у фазу 3–4 пари листків	4,2	13,0
4. ГФ+ХБ у фазу 3–4 пари листків	3,5	10,5
5. ГФ+ОБ+ХБ у фазу 3–4 пари листків	3,8	11,3
6. ГФ+ОБ у фазу змикання листків у рядках	3,6	11,3
7. ГФ+ХБ у фазу змикання листків у рядках	4,5	13,7
8. ГФ+ОБ+ХБ у фазу змикання листків у рядках	4,1	12,1

На решті варіантах в досліді, зокрема на контрольному, як врожайність буряків цукрових так і розрахунковий вихід біопалива, є меншими відносно кращого варіанту 7 у досліді.

Висновки. Встановлено, що на продуктивність буряків цукрових та вихід з них біопалива суттєво впливає система удобрення, яка передбачає не лише основне та передпосівне внесення, а також внесення елементів живлення під час вегетації.

Зокрема, в умовах нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України Білоцерківської ДСС за 2021–2023 рр. досліджень найбільш ефективною схемою удобрення буряків цукрових була схема за внесення під передпосівну культивування препарату Граундфікс (5,0 л/га) – для мобілізації фосфору й калію з нерозчинних сполук, фіксації азоту і підвищення використання мінеральних добрив та препарату Хелпрост бор (1,0 л/га) у фазу змикання листя в рядках для рослин, що чутливі в період вегетації до дефіциту бору, на фоні основного осіннього удобрення $N_{90}P_{90}K_{90}$ з показниками врожайності коренеплодів та листя 64,6 і 38,8 т/га відповідно.

За цієї схеми отримано досить високі значення вмісту сухої речовини в коренеплодах та листках – 21,3 та 18,2 %, що є важливим чинником для отримання біопалива. За проведеними розрахунками вихід біостанолу та біогазу з коренеплодів і листя становить 4,5 т/га і 13,7 тис. м³/га відповідно, що є найбільшими значеннями в досліді.

Високі розрахункові значення виходу біопалива також отримано на варіанті 3 за внесення препарату Граундфікс під передпосівну культивування та Органік баланс у фазу 3–4 пари листочків – 4,2 т/га біостанолу та 13,0 тис. м³/га біогазу. Це досягнуто завдяки показнику цукристості коренеплодів, який за цього варіанту є одним з найвищих в досліді (16,3 %), а також і вміст сухої речовини в коренеплодах (21,4 %) та листках (20,6 %), що також враховується під час розрахунків.

Решта варіантів у дослід виявились менш продуктивними. Найгіршим за показниками продуктивності та виходу біопалива в досліді є контрольний варіант 1 без внесення добрив.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чому вирощування енергокультур є перспективним в Україні? URL: <https://uabio.org/energy-crops/>
2. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/pom-yakshennya-zminy-klimatu/strategiya-nyzkovugletseвого-rozvytku-ukrayiny-do-2050-roku/>
3. Біогаз та біометан в Україні. URL: <https://uabio.org/biogas-and-biomethane/>
4. Степаненко Д.С., Проскурня Т.О. Добування та утилізація біогазу з відходів: Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Збірник наукових праць. 2009. Вип. 9. Т. 5.
5. Micro impianto biogas da 30kwe. URL: <https://biogasengineering.it/>

6. Носенко Ю. Біогаз – реальна альтернатива природному газу? URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8373-biohaz-realna-alternatyva-prirodnomu-hazu.html>
7. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: «Компринт», 2014. 416 с.
8. Основи буряківництва / І.В. Глеваський та ін. Київ: Урожай, 1991. 216 с.
9. Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив: монографія. Київ: Нічлава, 2002. 344 с.
10. Заришняк А.С., Савчук К.І. Норми і способи внесення мінеральних добрив під цукрові буряки. Цукрові буряки. 2005. № 5. С. 8–9.
11. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ: Аграрна наука, 2015. 207 с.
12. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. Київ: Либідь, 2005. 808 с.
13. Зміна агрохімічних показників чорнозему типового залежно від довготривалого застосування добрив у Лісостепу / Я.П. Цвей та ін. Вісник аграрної науки. 2012. № 7. С. 11–15.
14. Баланс елементів живлення у зерно-буряковій сівозміні залежно від системи удобрення / Я.П. Цвей та ін. Вісник аграрної науки. 2012. № 1. С. 33–37.
15. Українська інтенсивна технологія вирощування цукрових буряків / О.М. Ткаченко та ін.; за ред. О.М. Ткаченка, М.В. Роїка. Київ: АКАДЕМПРЕС, 1998. 240 с.
16. Тараріко О.Г., Греков В.О., Дацько Л.В. Механізми і технології контролю родючості ґрунтів. Вісник аграрної науки. 2011. № 11. С. 16–19.
17. Koch H.-J., Jacobs A. Was leistet Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten? Zuckerrübe, 2014. 2. P. 35–38.
18. Мазур Г.М. Вплив систем удобрення цукрових буряків у сівозміні на їх продуктивність і винос елементів живлення. Збірник наукових праць ІЦБ. 2003. № 5. С. 240–247.
19. Мазур Г.М. Вплив систем удобрення на технологічну якість коренеплодів цукрових буряків. Цукрові буряки. 2007. № 5. С. 9–11.
20. Sharpley A.N. Reaction of fertilizer potassium in soils of differing mineralogy. Soil Science. 1990. 49. P. 44–51.
21. Дегодюк Е.Г., Никифорова Л.І., Гамалей В.І. Регулювання калійного режиму ґрунтів. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ: Урожай, 1992. С. 114–122.
22. Аскаров В.Р. Вплив мікродобрив та фунгіцидів на урожайність та технологічну якість цукрових буряків. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ. Харків, 2017. № 21. С. 5–11.
23. Дзюбенко І.М. Вплив позакоренових мікродобрив на продуктивність буряків цукрових за різних строків збирання. Aktuálnymožnostivědy – 2015: мат. XI mezinárodnívědecko – praktickákonference. Praha: Publishinghouse «Education and Science», 2015. Díl. 6. P. 78–81.
24. Іванчук В.П. Вплив систем удобрення в сівозміні на продуктивність цукрових буряків. Агроном. 2010. № 4. С. 80–81.
25. Жердецький І.М. Позакореневе внесення макро- і мікродобрив та поглинання основних елементів живлення кореневою системою рослин цукрових буряків. Цукрові буряки. 2010. № 2. С. 18–20.
26. Жердецький І.М. Позакореневе підживлення у процесі формування врожаю цукрового буряку. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». Чабани ВД «ЕКМО», 2008. № 80. С. 115–121.
27. Заришняк А.С., Жердецький І.М., Дернова Г.В. Залежність технологічної якості коренеплодів цукрових буряків від застосування мікродобрив. Вісник аграрної науки. 2010. № 2. С. 17–19.
28. Карпук Л.М. Вплив позакоренового підживлення мікродобривами на показники фотосинтетичної продуктивності цукрових буряків. Агробіологія. 2014. 1. С. 41–44.
29. Єремко Л.С., Сидоренко А.С., Олєпир Р.В., Агафанова С.О. Продуктивність окремих сільськогосподарських культур за застосування регуляторів росту рослин. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2009. № 1. С. 43–45.
30. Драган М.І., Грищенко Р.Є., Любич О.Г., Стопа С.П. Ефективність застосування соломи пшениці озимої під круп'яні культури на сірих лісових ґрунтах. Вісник аграрної науки. 2008. № 7. С. 19–22.
31. Іваніна В.В., Данюк М.С. Фотосинтетична та біологічна продуктивність буряків цукрових залежно від системи удобрення. Науково-теоретичний журнал «Землеробство та рослинництво: теорія і практика». 2022. № 3(5). С. 19–25.
32. Методика проведення досліджень у буряківництві / М.В. Роїк та ін. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. 373 с.
33. Крикунов В.Г., Кравченко Ю.С., Криворучко В.В., Крикунова О.В. Ґрунтознавство: лабораторний практикум. Біла Церква, 2004. 216 с.
34. Практикум з ґрунтознавства: навч. посіб. / за ред. професора Д.Г. Тихоненка. Харків: Майдан, 2009. 448 с.
35. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті STATISTICA 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
36. Методичні рекомендації з технології вирощування та перероблення буряків цукрових як сировини для виробництва біогазу / О.М. Ганженко та ін. Київ, 2021. 15 с.

REFERENCES

1. Chomu vyroshchuvannya enerhokultur ye perspektyvnym v Ukraini? [Why is the cultivation of energy crops promising in Ukraine?]. Available at: <https://uabio.org/energy-crops/>
2. Stratehiia nyzkovuhletsevoho rozvytku Ukrainy do 2050 roku [Strategy for low-carbon development of Ukraine until 2050]. Available at: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/pom-yakshennya-zminy-klimatu/strategiya-nyzk-ovugletsevo-rozvytku-ukrayiny-do-2050-roku/>
3. Biohaz ta biometan v Ukraini [Biogas and biomethane in Ukraine]. Available at: <https://uabio.org/biogas-and-biomethane/>
4. Stepanenko, D.S., Proskurnia, T.O. (2009). Dobuvannya ta utylizatsiia biohazu z vidkhodiv [Production and utilization of biogas from waste]. Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu: zbirnyk naukovykh prats [Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University Collection of Scientific Works]. Issue 9, Vol. 5.
5. Micro impianto biogas da 30kwe [Micro impianto biogas da 30kwe]. Available at: <https://biogas-engineering.it/>
6. Nosenko, Yu. Biohaz – realna alternatyva pryrodnomu hazu? [Biogas – a real alternative to natural gas?]. Available at: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8373-biohaz-realna-alternatyva-pryrodnomu-hazu.html>
7. Tsvei, Ya.P. (2014). Rodiuchist gruntiv i produktyvnist sivozmin: monohrafiia [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv, «Komprynt», 416 p.
8. Hlevaskyi, I.V. (1991). Osnovy buriakivnytstva [Fundamentals of beet growing]. Kyiv, Harvest, 216 p.
9. Hospodarenko, H.M. (2002). Osnovy integrovanoho zastosuvannya dobryv: monohrafiia [Fundamentals of integrated fertilizer application]. Kyiv, Nichlava, 344 p.
10. Zaryshniak, A.S., Savchuk, K.I. (2005). Normy i sposoby vnesennia mineralnykh dobryv pid tsukrovi buriaky [Norms and methods of applying mineral fertilizers to sugar beets]. Tsukrovi buriaky [Sugar beets]. no. 5, pp. 8–9.
11. Zaryshniak, A.S., Tsvei, Ya.P., Ivanina, V.V. (2015). Optyimizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv, Agricultural science, 207 p.
12. Musiienko, M.M. (2005). Fiziolohiia roslyn [Plant physiology]. Kyiv, Lybid, 808 p.
13. Tsveim, Ya.P. (2012). Zmina ahrokhimichnykh pokaznykiv chornozemu tipovoho zalezno vid dohotryvaloho zastosuvannya dobryv u Lisostepu [Change in agrochemical indicators of typical chernozem depending on long-term application of fertilizers in the Forest-Steppe]. Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]. no. 7, pp. 11–15.
14. Tsvei, Ya.P. (2012). Balans elementiv zhyvlennia u zerno-buriakovii sivozmini zalezno vid systemy udobrennia [Balance of nutrients in grain-beet crop rotation depending on the fertilization system]. Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]. no. 1, pp. 33–37.
15. Tkachenko, O.M. (1998). Ukrainska intensyivna tekhnolohiia vyroshchuvannya tsukrovykh buriakiv [Ukrainian intensive technology of sugar beet cultivation]. Kyiv, AKADEMPRES, 240 p.
16. Tarariko, O.H., Hrekov, V.O., Datsko, L.V. (2011). Mekhanizmy i tekhnolohii kontroliu rodiuchosti gruntiv [Mechanisms and technologies of soil fertility control]. Visnyk aharnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]. no. 11, pp. 16–19.
17. Koch, H.-J., Jacobs, A. (2014). Was leistet Winterweizen nach verschiedenen Vorfrüchten? [What are the performance characteristics of winter wheat after different preceding crops?]. Zuckerrübe. no. 2, pp. 35–38.
18. Mazur, H.M. (2003). Vplyv system udobrennia tsukrovykh buriakiv u sivozmini na yikh produktyvnist i vynos elementiv zhyvlennia [The influence of sugar beet fertilization systems in crop rotation on their productivity and nutrient removal]. Zbirnyk naukovykh prats ITsB [Collection of Scientific Works of the Institute of Agricultural Sciences]. no. 5, pp. 240–247.
19. Mazur, H.M. (2007). Vplyv system udobrennia na tekhnolohichnu yakist koreneplodiv tsukrovykh buriakiv [The influence of fertilization systems on the technological quality of sugar beet roots]. Tsukrovi buriaky [Sugar beets]. no. 5, pp. 9–11.
20. Sharpley, A.N. (1990). Reaction of fertilizer potassium in soils of differing mineralogy [Reaction of fertilizer potassium in soils of differing mineralogy]. Soil Science [Soil Science]. no. 49, pp. 44–51.
21. Dehodiuk, E.H., Nykyforenko, L.I., Hamalei, V.I. (1992). Rehuliuвання kaliinoho rezhymu gruntiv [Regulation of the potassium regime of soils]. Vyroshchuvannya ekolohichno chystoi produktsii rosllynnytstva [Growing environmentally friendly crop products]. Kyiv, Harvest, pp. 114–122.
22. Askarov, V.R. (2017). Vplyv mikroдобryv ta funhitsydiv na urozhainist ta tekhnolohichnu yakist tsukrovykh buriakiv [The influence of microfertilizers and fungicides on the yield and technological quality of sugar beets]. Visnyk Tsentru naukovooho zabezpechennia APV [Bulletin of the Center for Scientific Support of the Agricultural Research Service]. Kharkiv, no. 21, pp. 5–11.
23. Dziubenko, I.M. (2015). Vplyv pozakorenevnykh mikroдобryv na produktyvnist buriakiv tsukrovykh za riznykh strokiv zbyrannia [The influence of foliar microfertilizers on the productivity of sugar beets at different harvesting times]. Aktualni vymozhenosti vedy – 2015: mat. XI mezinárodnívědecko

– praktickákonference. Praha, Publishinghouse «EducationandScience» s.r.o., Díl. 6, pp. 78–81.

24. Ivanchuk, V.P. (2010). Vplyv system udobrennia v sivozmini na produktyvnist tsukrovykh buriakiv [The influence of fertilizer systems in crop rotation on the productivity of sugar beets]. *Ahronom [Agronom]*, no. 4, pp. 80–81.

25. Zherdetskyi, I.M. (2010). Pozakoreneve vnesennia makro- i mikrodobryv ta pohlynannia osnovnykh elementiv zhyvlennia korenevoi systemoiu roslyn tsukrovykh buriakiv [Foliar application of macro- and microfertilizers and absorption of essential nutrients by the root system of sugar beet plants]. *Tsukrovi buriaky [Sugar beets]*, no. 2, pp. 18–20.

26. Zherdetskyi, I.M. (2008). Pozakoreneve pidzhyvlennia u protsesi formuvannia vrozhaiu tsukrovoho buriaku [Foliar fertilization in the process of sugar beet crop formation]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovi zbirnyk «Zemlerobstvo» [Interdepartmental thematic scientific collection "Agriculture"]*. Chabany, VD «EKMO», no. 80, pp. 115–121.

27. Zaryshniak, A.S., Zherdetskyi, I.M., Derno-va, H.V. (2010). Zalezhnist tekhnolohichnoi yakosti koreneplodiv tsukrovykh buriakiv vid zastosuvannia mikrodobryv [Dependence of the technological quality of sugar beet roots on the use of microfertilizers]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*, no. 2, pp. 17–19.

28. Karpuk, L.M. (2014). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia mikrodobryvamy na pokaznyky fotosyntetychnoi produktyvnosti tsukrovykh buriakiv [The influence of foliar feeding with microfertilizers on the indicators of photosynthetic productivity of sugar beets]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, no. 1, pp. 41–44.

29. Ieremko, L.S., Sydorenko, A.S., Olepir, R.V., Ahafanova, S.O. (2009). Produktyvnist okremykh silskohospodarskykh kultur za zastosuvannia rehulatoriv rostu roslyn [Productivity of certain agricultural crops with the use of plant growth regulators]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]*, no. 1, pp. 43–45.

30. Drahan, M.I., Hryshchenko, R.Ye., Liubchych, O.H., Stopa, S.P. (2008). Efektyvnist zastosuvannia solomy pshenytsi ozymoi pid krupiani kultury na sirykh lisovykh gruntakh [The effectiveness of using winter wheat straw for cereal crops on gray forest soils]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]*, no. 7, pp. 19–22.

31. Ivanina, V.V., Daniuk, M.S. (2022). Fotosyntetychna ta biolohichna produktyvnist buriakiv tsukrovykh zalezhno vid systemy udobrennia [Photosynthetic and biological productivity of sugar beets depending on the fertilization system]. *Naukovo-teoretychnyi zhurnal «Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka» [Scientific and theoretical journal "Agriculture and crop production: theory and practice"]*, no. 3 (5), pp. 19–25.

32. Roik, M.V. (2014). Metodyka provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Research methodology in sugar beet growing]. Kyiv, FOP Korzun D.Yu., 373 p.

33. Krykunov, V.H., Kravchenko, Yu.S., Kryvoruchko, V.V., Krykunova, O.V. (2004). Gruntoznavstvo [Soil science]. *Laboratornyi praktykum [Laboratory practical]*. Bila Tserkva, 216 p.

34. Tykhonenko, D.H. (2009). *Praktykum z gruntoznavstva: navch. posib. [Soil science practical]*. Kharkiv, Maidan, 448 p.

35. Ermantraut, E.R., Prysiashniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh u paketi STATISTICA 6.0 [Statistical analysis of agronomic research data in the STATISTICA 6.0 package]. Kyiv, PolihrafKonsaltnh, 55 p.

36. Hanzhenko, O.M. (2021). Metodychni rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia ta pererobliannia buriakiv tsukrovykh yak syrovyny dlia vyrobnytstva biohazu [Methodological recommendations on the technology of growing and processing sugar beets as raw materials for biogas production]. Kyiv, 15 p.

Determining the productivity potential of sugar beets as a raw material for biofuel production depending on the fertilization system

Khivrich O., Humenyk M., Kvak V., Fursa A., Senchuk S., Klimenko V., Atamanyuk O.

Every year the demand for renewable energy obtained from plant biomass increases, which necessitates the formation of a new state energy policy. The document that outlines the strategic guidelines for the development of Ukraine's fuel and energy complex for the period up to 2035 is the «Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035: Security, Energy Efficiency, Competitiveness». Among the wide variety of agricultural plants that can be used for energy purposes, a special place is occupied by sugar beets, which have a number of advantages, namely: high yield and dry matter content in root crops, their sugar content; biomass is easily fermented, excellent methane yield per unit area, etc.

Diversification of sources and routes of energy supply, increasing domestic production will contribute to increasing the economic, environmental, and especially energy security of the state.

The article highlights the research results on the influence of fertilization system using microbiological preparations and organic-mineral fertilizers on the productivity of sugar beets and the yield of biofuel from them.

The aim of the work was to increase the energy potential of sugar beets as a raw material for biofuel production under different fertilization systems in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

The subject of the research is the elements of sugar beet cultivation technology for energy purposes, their analysis and evaluation.

The research was conducted at Bila Tserkva Research and Selection Station of the Institute of Biology and Ecology in 2021–2023 in the zone of unstable moisture of the central part of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

It has been established that most effective fertilization scheme for sugar beets is the application

of Groundfix (5.0 l/ha) before pre-sowing cultivation and Helprost Boron (1.0 l/ha) during the leaf closure phase in rows with basic fertilization N90P90K90, with a root crop yield of 64.6 t/ha and a leaf yield of 38.8 t/ha. This allowed us to obtain the highest estimated values for bioethanol and biogas yield, which are 4.5 t/ha and 13.7 thousand m³/ha, respectively.

Key words: sugar beets, fertilizers, biofuel, bioethanol, biogas.



Copyright: Хіврич О.Б. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Хіврич О.Б.

<https://orcid.org/0000-0002-2608-2126>

Гументик М.Я.

<https://orcid.org/0000-0001-9052-9650>

Квак В.М.

<https://orcid.org/0000-0001-8996-0101>

Фурса А.В.

<https://orcid.org/0000-0001-6518-5286>

Сенчук С.М.

<https://orcid.org/0000-0002-6416-9388>

Клименко В.П.

<https://orcid.org/0000-0002-1749-3898>

Атаманюк О.М.

<https://orcid.org/0000-0001-8327-3298>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.95:581.1:577.4

Фізико-хімічні аспекти впливу біопрепаратів на вміст абсцизової кислоти в умовах гідротермічного стресу у сої (*Glycine max* L. Merr.): інтеграція біохімічних та агрономічних маркерів адаптаціїЧайка Т.О.¹ , Короткова І.В.² ¹ Полтавське відділення Академії наук технологічної кібернетики України² Полтавський державний аграрний університет

Чайка Т.О. E-mail: chaika_ta@ukr.net



Чайка Т.О., Короткова І.В. Фізико-хімічні аспекти впливу біопрепаратів на вміст абсцизової кислоти в умовах гідротермічного стресу у сої (*Glycine max* L. Merr.): інтеграція біохімічних та агрономічних маркерів адаптації. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 233–245.

Chayka T., Korotkova I. Physico-chemical aspects of biological products influence on the abscisic acid content under conditions of hydrothermal stress in soybean (*Glycine max* L. Merr.): integration of biochemical and agronomic markers of adaptation. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 233–245.

Рукопис отримано: 01.07.2025 р.

Прийнято: 16.07.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-233-245

Гідротермічний стрес залишається одним із ключових чинників, що обмежують продуктивність сої, особливо в умовах органічного землеробства. Представлене дослідження спрямоване на вивчення впливу біопрепаратів на вміст абсцизової кислоти, а також фізіолого-біохімічні та агрономічні показники адаптаційної здатності сої сорту Хорол за вирощування в умовах гідротермічного стресу. Польові експерименти проведено у Полтавській області у 2022–2024 роках. Передпосівну обробку насіння та обприскування посівів здійснювали біопрепаратами на основі мікоризних грибів, ризосферних і азотфіксуючих бактерій та фітогормонів. Вивчено динаміку абсцизової кислоти, відносного вмісту води в листках, продигової провідності, концентрацій проліну та малонового діальдегіду за використання біопрепаратів та їх сумішей і показаний їх зв'язок з урожайністю. Встановлено, що застосування біопрепаратів сприяло зниженню вмісту абсцизової кислоти на 8–34 %, що свідчить про послаблення стресового навантаження на рослини; підвищенню відносного вмісту води на 10–28 %, що забезпечує оптимальний водний статус клітин; покращенню продигової провідності на 19–65 % завдяки оптимізації відкриття продигових для підтримки фотосинтезу та контролю втрат води, зменшенню концентрації малонового діальдегіду на 22–48 %, що вказує на ефективний захист клітинних мембран від оксидативного стресу, і у підсумку, приводить до зростання врожайності на 13–47 %. Доведено, що в умовах водного стресу обробка біопрепаратами модулює біосинтез абсцизової кислоти та оптимізує її регуляторну функцію, що проявляється у координуваних змінах осмопротекторних механізмів, антиоксидантного захисту та водного режиму рослин. Потрійна комбінація біопрепаратів найбільш ефективно вплинула на фізіолого-біохімічні показники адаптації, забезпечуючи баланс між фітогормональною регуляцією, водним режимом, антиоксидантним захистом і продуктивністю культури сої в умовах гідротермічного стресу.

Ключові слова: пролін, малоновий діальдегід, відносний вміст води, продигова провідність, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Останнім часом глобальні кліматичні зміни супроводжуються підвищенням частоти та інтенсивності посух [1], що призводять до змін у ґрунтовому середовищі та впливають на різноманіття ґрунтових організмів, включаючи мікроорганізми та рослини [2]. За таких умов розробка ефективних стратегій підвищення стресостійкості сільськогосподарських культур набуває пріоритетного значення, оскільки потенційні втрати врожайності можуть сягати 50 % [3]. Особливо вразливою до посухи є соя – одна з найважливіших білково-олійних культур світового землеробства [4], врожайність якої в екстремальних умовах дефіциту вологи може знижуватися до 100 %.

На світовому та українському аграрному ринку соя стабільно посідає провідні позиції не лише як експортна продукція, а також як стратегічно важлива сировина для харчової і кормової промисловості, що забезпечує продовольчу та економічну безпеку країни [5]. Соевий сегмент в Україні демонструє стабільну динаміку розвитку за ключовими показниками виробництва – від валового збору до обсягів переробки та експорту. На сьогодні Україна посідає восьме місце у світі за обсягами виробництва сої та перше в Європі [6], а за експортом органічної сої входить у трійку світових лідерів [7].

Досягнуті результати стали можливими завдяки впровадженню у виробництво сортів сої нового покоління, вдосконаленню технологій їх вирощування та зростанню попиту на сою насамперед органічну, на світовому ринку [5]. Водночас кліматичні зміни, що проявляються у поступовому підвищенні середньорічних температур та збільшенні частоти екстремальних погодних явищ, включаючи різкі температурні коливання, створюють нові виклики для агровиробництва [8].

У контексті ускладнення кліматичних умов особливої актуальності набуває вивчення фізіолого-біохімічних механізмів адаптації рослин до стресових чинників навколишнього середовища. Центральну роль у цих процесах відіграє абсцизова кислота (АБК) – ключовий фітогормон, що забезпечує захист рослин від різноманітних стресів, зокрема посухи, високих і низьких температур, засолення, важких металів і радіаційного впливу [9].

Функціональні механізми АБК охоплюють регуляцію дозрівання насіння, стану спокою, контролю динаміки продихів для управління водними ресурсами та адаптації рослин до стресових чинників довкілля. Встановле-

но, що в умовах дефіциту вологи синтез АБК посилюється спочатку в коренях, після чого гормон транспортується до листя через ксилему [10]. Підвищення концентрації АБК у листках ініціює сигнальний каскад у замикаючих клітинах, модулюючи їхній тургор і впливаючи на функціонування продихів [11, 12]. Закриття продихів, опосередковане АБК, зменшує транспірацію й обмежує ріст клітин – механізм, критично важливий для виживання рослин в умовах абіотичних стресів [13].

АБК взаємодіє з іншими рослинними гормонами для координації фізіологічних реакцій в умовах стресу [14] й активує спектр біохімічних захисних механізмів, який включає біосинтез проліну, антиоксидантів, ферментів детоксикації активних форм кисню, білків теплового шоку та ненасичених жирних кислот. Крім того, АБК сприяє зміцненню кутикулярного воску, що дозволяє рослинам пом'якшувати шкідливий вплив абіотичних стресорів [15, 16].

Молекулярні та біохімічні механізми дії АБК включають регуляцію експресії стрес-індукованих генів, контроль транскрипційних факторів, модуляцію активності іонних каналів, вплив на метаболізм осмопротекторів і функціонування антиоксидантних систем [17, 18]. Проте функціональна активність АБК-залежних сигнальних шляхів може суттєво модифікуватися під впливом різних біотичних чинників, зокрема мікроорганізмів ризосфери й ендосфери, які входять до складу багатьох біопрепаратів [19, 20].

Застосування в технологіях вирощування сої біопрепаратів, що містять штами різних мікроорганізмів, відкриває перспективи для цілеспрямованої модуляції фітогормонального статусу рослин і підвищення їх адаптивного потенціалу [21]. Однак залишається недостатньо вивченим взаємозв'язок між АБК-опосередкованими сигнальними каскадами та комплексом фізіологічних маркерів стресостійкості, особливо в умовах контрастних гідротермічних режимів у польових експериментах.

Згідно з дослідженням [22], застосування мікроорганізмів, що стимулюють ріст рослин (plant growth-promoting microorganisms, PGPM), сприяє зниженню негативного впливу водного дефіциту на рослини сої, забезпечує стійкість до абіотичних стресів завдяки синтезу фітогормонів, активації антиоксидантних механізмів і регуляції експресії генів, пов'язаних зі стресовою відповіддю [23, 24]. Використання ризобактерій, що стимулюють зростання рослин (plant growth-

promoting rhizobacteria, PGPR), також приводить до підвищення врожайності, зокрема їх вплив відбувається через прямі (регуляція гормонального й поживного балансу) та непрямі (індукція стійкості до патогенів, розчинення поживних речовин) механізми. Крім того, як зазначено в роботі [25], PGPR здатні вступати у синергетичні або антагоністичні взаємодії з іншими мікроорганізмами в ризосфері та поза нею, що додатково опосередковує покращення росту рослин. Використання мікробних інокулянтів розглядається як інноваційний підхід щодо покращення здоров'я ґрунту, активації кругообігу поживних речовин, а також підвищення стійкості рослин до несприятливих екологічних чинників, шкідників і фітопатогенів [26].

Інтеграція досліджень на різних рівнях організації – від молекулярно-біохімічних процесів до фізіологічних реакцій і агрономічних показників – дозволяє виявити ключові механізми адаптації рослин до стресових умов та обґрунтувати ефективність застосування біопрепаратів як екологічно безпечного засобу підвищення стресостійкості сільськогосподарських культур.

З огляду на зростаючу загрозу глобальних кліматичних змін для продовольчої безпеки та стабільності аграрного виробництва, дослідження інтегративних взаємозв'язків між молекулярними, фізіологічними й агрономічними маркерами адаптації рослин сої під впливом біопрепаратів різної природи відкриває можливості щодо розробки інноваційних екологічно безпечних технологій підвищення стресостійкості цієї стратегічно важливої культури.

Метою дослідження є встановлення впливу біопрепаратів різного походження (мікоризні гриби, ризо- та азотфіксуючі бактерії, фітогормони) на вміст абсцизової кислоти, а також з'ясування їх взаємозв'язків з фізіолого-біохімічними маркерами стресостійкості та продуктивністю сої за умов гідротермічного стресу в системі органічного землеробства.

Матеріал та методи дослідження. Експериментальні дослідження виконано впродовж трирічного періоду (2022–2024 рр.) в агро-екологічних умовах Лівобережного Лісостепу України на території Кременчуцького району Полтавської області. Об'єктом досліджень слугував ранньостиглий сорт сої Хорол, створений селекціонерами ТОВ «НДІ сої».

Ґрунтовий покрив експериментальних ділянок представлений чорноземом залишково-солонцюватим на лесових відкладах. За

результатами агрохімічного аналізу орного шару ґрунту (0–20 см), проведеного з використанням мультипараметричного фотометра Palintes SK500 (Palintest Ltd.), встановлено наступні показники: високий вміст гумусу (5,2 %); середній рівень забезпеченості сполуками азоту (загальний азот – 58,6 мг/кг) та фосфору (рухомий фосфор – 78,3 мг/кг); високий вміст обмінного калію (138,4 мг/кг); $pH_{KCl} = 6,3$.

Польові експерименти закладено методом рендомізованих блоків у трикратній повторності. Загальна площа експериментальної ділянки становила 0,3 га, з них облікова площа – 0,1 га. Технологія вирощування відповідала типовій для цієї агрокліматичної зони з адаптацією до вимог органічного землеробства. У структурі сівозміни попередником для сої слугував ячмінь ярий.

1. Оскільки соя є теплолюбною культурою, термін сівби кожного року дослідження визначали за температурою ґрунту 10–12 °C на глибині загортання насіння 5 см (20 квітня). У препаратах Мікофренд-т® і Мікофренд-р® (БТУ-Центр, Україна) синергія реалізується через взаємопідсилюючу дію мікоризних грибів (*Glomus* sp., *Trichoderma harzianum*) і ризосферних бактерій (*Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces* sp., *Bacillus subtilis*, *B. megaterium* var. *phosphaticum*, *B. muciloginosus*, *Enterobacter* sp.). Зокрема, *Pseudomonas fluorescens* секретує метаболіти, що стимулюють розвиток гіфів грибів *Glomus* sp., тимчасом мікоризні гриби покращують доступність фосфору для бактерій роду *Bacillus*.

2. Штами *Bradyrhizobium japonicum* штам USDA442 (532 C) та *diazoefficiens* штам SEIMA 5079 і SEIMA 5080) у препараті Profix® (Certis Belchim, Бельгія) виявляють функціональну комплементарність через різну динаміку колонізації кореневих тканин і різний температурний оптимум активності нітрогенази, що забезпечує стабільну азотфіксацію в широкому діапазоні агро-екологічних умов.

3. У препараті Біолар® (ТОВ «ІК «Біоінвест-Агро», Україна) синергізм реалізується через збалансоване співвідношення фітогормонів різних класів (ауксинової, цитокінінової та гіберелінової природи), а також вільних амінокислот, ліпідів, стеролів і абсцизової кислоти, що забезпечує комплексну регуляцію ростових і адаптивних процесів у рослинному організмі.

Схема експерименту включала вісім варіантів обробки насіння та обприскування посівів у фазу BBCH 61:

Таблиця 1 – Опис комбінацій обробки мікробними та гормональними біопрепаратами

Варіанти	Доза	Час та спосіб обробки
Контроль (вода)	-	обробка насіння за 30 хв до посіву
Profix (Prof)	1,25 кг/500 кг	обробка насіння за 30 хв до посіву
Віолар (Vio)	0,5 л/т + 100 мл/га	обробка насіння за 1 год до посіву + обприскування посівів
Мікофренд (Мус)	1,5 л/т	обробка насіння за 1 год до посіву
Profix + Віолар (Prof+Vio)	1,25 кг/500 кг + 100 мл/га	обробка насіння за 30 хв до посіву + обприскування посівів
Мікофренд + Profix (Мус+Prof)	1,5 кг/т + 1,25 кг/500 кг	обробка насіння за 30 хв + інокуляція за 30 хв до посіву
Мікофренд + Віолар (Мус+Vio)	1,5 кг/т + 100 мл/га	обробка насіння за 30 хв до посіву + обприскування посівів
Мікофренд + Profix + Віолар (Мус+Prof+Vio)	1,5 кг/т + 1,25 кг/500 кг + 100 мл/га	обробка насіння за 30 хв + інокуляція за 30 хв до посіву + обприскування посівів

Джерело: авторська розробка.

Відносний вміст води (BBV, %) у листках сої визначали впродовж семи тижнів, починаючи з другої половини травня. Для аналізу, з кожної дослідної ділянки відбирали по одному листку з десяти репрезентативних рослин. Зразки одразу зважували для визначення їхньої свіжої маси (МС), після чого занурювали у дистильовану воду на 24 години за кімнатної температури для досягнення повного тургору. Наступного дня листки обережно осушували від надлишкової вологи та знову зважували для встановлення тургорної маси (МТ). Після цього зразки висушували до сталої маси за температури 70 °С для визначення сухої ваги (МСу). Значення BBV розраховували за формулою відповідно до методики [27]:

$$BBV = \frac{(МС - МС_u)}{(МТ - МС_u)} \cdot 100.$$

Аналітичне визначення вмісту АБК проводили методом флуоресцентної спектроскопії за допомогою флуоресцентного спектрометра PerkinElmer LS-45. Приготування екстрактів АБК з листя сої для проведення флуориметричних вимірювань здійснювали відповідно до [28].

Продихова провідність (ПП) є прямим показником відкриття та закриття продихів рослин [29], яку вимірювали за допомогою порометра SC-1 (Decagon Devices, Inc, US) з 30-секундним інтервалом в трьох повтореннях для кожного варіанта експерименту.

Визначення концентрації проліну та малонowego діальдегіду (МДА) у листових тканинах сої здійснювали у фазу BBCH 61 відповідно до методик, наведених в роботі [30].

Продуктивність сої визначали за допомогою повного ручного збирання рослин з облі-

кових площ після попереднього скошування надземної фітомаси. Урожайність насіння з кожної облікової ділянки перераховували на стандартну вологість 15 % та виражали в т/га.

Для кожного експериментального варіанта визначали середнє арифметичне значення (X) та стандартну похибку середнього значення (SE). Статистичну значущість відмінностей між дослідними варіантами оцінювали методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з подальшим post hoc-тестуванням за критерієм Тьюкі HSD за рівня значущості $P < 0,05$. Візуалізацію результатів та статистичну обробку даних здійснювали у програмному забезпеченні RStudio® (R Software, R Development Core Team, Австрія, версія 4.4.3, 2025-02-28). Взаємозв'язки між дослідними параметрами оцінювали методом кореляційного аналізу з розрахунком коефіцієнтів Пірсона за рівня значущості $P < 0,05$. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за допомогою програмного пакету Statistica 12.0 (StatSoft Inc., USA, 2013).

Результати дослідження та обговорення. Визначення рівня АБК є принципово важливим, оскільки цей фітогормон є ключовим регулятором стрес-індукованих сигнальних каскадів, що запускають комплекс адаптаційних механізмів рослин в умовах водного дефіциту. Інтегральний аналіз фізіологічних маркерів (BBV, ПП) у поєднанні з біохімічними індикаторами (пролін, МДА) забезпечує комплексне уявлення про функціональний стан рослинного організму на різних рівнях організації та дає змогу встановити кореляційні зв'язки між біохімічними процесами та кінцевою агрономічною ефективністю вирощування сої в умовах гідротермічного стресу (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив обробки біопрепаратами на молекулярні та фізіологічні параметри адаптації й урожайність сої в умовах гідротермічного стресу, 2022–2024 рр.

Варіант обробки	АБК, нмоль/г			Пролін, мг/г			МДА, мг/г			ВВВ, %			ПП, моль/м ² ·с			Врожайність, т/га		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Контроль	6,8 ± 0,10 ^a	6,5 ± 0,10 ^a	8,5 ± 0,13 ^a	5,1 ± 0,07 ^e	5,4 ± 0,08 ^e	6,9 ± 0,10 ^e	9,4 ± 0,14 ^a	9,2 ± 0,14 ^a	17,9 ± 0,27 ^a	73,8 ± 1,09 ^e	75,1 ± 1,10 ^e	69,7 ± 1,02 ^d	0,28 ± 0,004 ^e	0,31 ± 0,005 ^g	0,19 ± 0,003 ^g	2,24 ± 0,033 ^f	2,46 ± 0,035 ^f	1,86 ± 0,029 ^g
Prof	6,1 ± 0,09 ^b	5,9 ± 0,09 ^{ab}	7,8 ± 0,11 ^b	6,2 ± 0,09 ^c	6,4 ± 0,09 ^{cd}	8,6 ± 0,13 ^c	7,2 ± 0,11 ^c	6,9 ± 0,10 ^{bcd}	13,9 ± 0,21 ^c	80,5 ± 1,18 ^{cd}	82,5 ± 1,21 ^{cd}	77,5 ± 1,14 ^c	0,32 ± 0,005 ^d	0,37 ± 0,005 ^{ef}	0,25 ± 0,004 ^f	2,50 ± 0,037 ^e	2,82 ± 0,041 ^e	2,11 ± 0,029 ^f
Vio	5,4 ± 0,08 ^{cd}	5,2 ± 0,08 ^{cd}	6,9 ± 0,10 ^c	6,8 ± 0,10 ^b	7,5 ± 0,11 ^{ab}	9,5 ± 0,14 ^b	5,9 ± 0,09 ^d	5,4 ± 0,08 ^d	11,3 ± 0,17 ^e	85,1 ± 1,25 ^{bc}	87,2 ± 1,28 ^{bcd}	84,0 ± 1,24 ^b	0,36 ± 0,005 ^{cd}	0,39 ± 0,006 ^{de}	0,28 ± 0,004 ^{de}	2,71 ± 0,039 ^d	2,93 ± 0,044 ^{de}	2,32 ± 0,035 ^e
Myc	5,6 ± 0,08 ^c	5,4 ± 0,08 ^c	7,1 ± 0,10 ^c	5,7 ± 0,08 ^d	5,9 ± 0,09 ^{de}	7,4 ± 0,11 ^e	8,2 ± 0,12 ^b	7,9 ± 0,12 ^{ab}	14,8 ± 0,22 ^b	79,2 ± 1,17 ^{de}	81,2 ± 1,20 ^{de}	77,8 ± 1,14 ^c	0,31 ± 0,005 ^d	0,35 ± 0,005 ^f	0,26 ± 0,004 ^{ef}	2,73 ± 0,039 ^{cd}	3,01 ± 0,045 ^{de}	2,41 ± 0,036 ^{de}
Prof+Vio	5,1 ± 0,07 ^d	4,8 ± 0,07 ^e	6,7 ± 0,10 ^c	7,4 ± 0,11 ^a	7,8 ± 0,11 ^a	10,4 ± 0,15 ^a	6,1 ± 0,09 ^d	5,6 ± 0,08 ^{cd}	10,9 ± 0,16 ^e	86,3 ± 1,27 ^b	88,7 ± 1,30 ^{abc}	85,7 ± 1,26 ^b	0,36 ± 0,005 ^b	0,43 ± 0,006 ^c	0,31 ± 0,005 ^{bc}	2,91 ± 0,044 ^{bc}	3,10 ± 0,045 ^{cd}	2,53 ± 0,037 ^{cd}
Myc+Prof	5,3 ± 0,08 ^{cd}	5,0 ± 0,07 ^{de}	6,2 ± 0,09 ^d	6,1 ± 0,09 ^{cd}	6,3 ± 0,09 ^{cd}	8,0 ± 0,12 ^d	7,3 ± 0,11 ^c	6,9 ± 0,10 ^{bcd}	12,6 ± 0,19 ^d	85,4 ± 1,26 ^{bc}	87,8 ± 1,29 ^{abcd}	84,6 ± 1,25 ^b	0,35 ± 0,005 ^{bc}	0,41 ± 0,006 ^{cd}	0,29 ± 0,004 ^d	2,93 ± 0,043 ^b	3,24 ± 0,048 ^{bc}	2,65 ± 0,039 ^{bc}
Myc+Vio	4,6 ± 0,07 ^e	4,4 ± 0,06 ^f	6,0 ± 0,09 ^{de}	6,3 ± 0,09 ^c	6,4 ± 0,09 ^b	8,3 ± 0,12 ^{cd}	6,9 ± 0,10 ^c	7,5 ± 1,14 ^{abc}	6,4 ± 0,09 ^c	87,1 ± 1,28 ^{ab}	89,5 ± 1,32 ^{ab}	86,7 ± 1,27 ^{ab}	0,37 ± 0,005 ^b	0,46 ± 0,007 ^b	0,32 ± 0,005 ^b	3,02 ± 0,045 ^{ab}	3,36 ± 0,050 ^{ab}	2,76 ± 0,041 ^b
Myc+Prof+Vio	4,2 ± 0,06 ^f	4,1 ± 0,06 ^f	5,6 ± 0,08 ^e	6,5 ± 0,10 ^{bc}	6,6 ± 0,10 ^{cd}	8,7 ± 0,13 ^c	6,3 ± 0,09 ^d	5,8 ± 0,09 ^{cd}	9,4 ± 0,14 ^f	92,3 ± 1,36 ^a	94,7 ± 1,39 ^a	91,9 ± 1,35 ^a	0,41 ± 0,006 ^a	0,51 ± 0,008 ^a	0,39 ± 0,006 ^a	3,15 ± 0,046 ^a	3,57 ± 0,053 ^a	2,96 ± 0,045 ^a

Примітка: значення представлені як середнє ± SE (n = 10). Різні літери в стовпцях позначають статистично значущі відмінності при P<0,05 за результатами post hoc-тесту за критерієм Тьюкі HSD.

Джерело: побудовано за результатами авторських досліджень.

На основі отриманих експериментальних даних проведено детальний аналіз впливу кліматичних чинників і різних варіантів обробки насіння та посівів на вміст АБК у рослинах сої сорту Хорол. Погодні умови чітко корелювали зі змінами рівня АБК. Зокрема, у 2024 р., незалежно від варіанта біопрепарату, спостерігали істотне підвищення вмісту АБК порівняно з 2022–2023 рр.: на контрольному варіанті вміст АБК становив 8,5 нмоль/г проти 6,8 і 6,5 нмоль/г відповідно. Зростання вмісту АБК на 25,0–30,8 % підтверджує активацію захисних механізмів рослин у відповідь на водний дефіцит, адже саме цей фітогормон є ключовим регулятором реакції рослин на посуху.

Результати досліджень показали, що застосування біопрепаратів різного складу і, відповідно, різного механізму дії, сприяло зниженню рівня АБК порівняно з контролем впродовж усіх років досліджень, що свідчить про їх позитивний вплив на формування стресостійкості рослин. Найбільше зниження вмісту АБК відносно контролю виявлено за комплексного використання Мус+Проф+Віо – на 36,9–38,2 % у 2022–2023 рр. та на 34,1 % у посушливому 2024 р. Високу ефективність також продемонструвала комбінація Мус+Віо, за дії якої рівень АБК знизився на 32,3 % у сприятливій 2022–2023 рр. та на 29,4 % у 2024 р. Серед монообробок найкращі результати продемонстрував препарат Віолар, завдяки якому спостерігали суттєве зниження вмісту АБК на 20,0–20,6 % у сприятливій роки та на 18,8 % у 2024 р.

Аналіз результатів за 2022–2024 рр. підтвердив істотний вплив кліматичних чинників на біохімічні показники адаптивної реакції рослин сої (табл. 2), з найбільш вираженими змінами у 2024 р., коли спостерігалися екстремальні погодні умови.

Показники ВВВ і ПП є базовими фізіологічними показниками, які характеризують водний статус рослин і їх здатність протистояти посусі. Взаємозв'язок між цими показниками відображає різні аспекти водного обміну, адаптаційний потенціал рослин до несприятливих умов середовища та загальну фізіологічну активність. Аналіз змін цих параметрів залежно від кліматичних умов і впливу біопрепаратів (табл. 2) є важливою основою для розроблення ефективних агротехнологічних рішень вирощування сої в умовах кліматичних змін та підвищеної посушливості.

На контрольних варіантах рівень ВВВ становив 73,8 % у 2022 р., 75,1 % у вологому 2023 р. та знизився до критичних 69,7 % у по-

сушливому 2024 р. Зниження цього показника на 7,2 % у 2024 р. порівняно з 2023 р. свідчить про суттєве порушення водного балансу рослин в умовах гострого водного дефіциту. Відомо, що зниження ВВВ до рівня 70–80 % у клітинах рослин пригнічує ключові метаболічні процеси, включно з фотосинтезом і диханням, що є ознакою глибокого фізіологічного стресу та потенційно незворотних змін у структурі клітинних мембран [31].

Показник ПП на контрольних варіантах знизився на 38,7 % у вологому 2023 р. порівняно з посушливим 2024 р., що відображає активацію захисних реакцій рослин, спрямованих на зменшення втрат води завдяки закриттю продихів.

Застосування біопрепаратів суттєво покращувало водний статус рослин у всі роки досліджень, проте найбільш виражений ефект спостерігали саме за умов водного дефіциту. У сприятливому за вологозабезпеченням 2023 р. застосування Профіх привело до підвищення ВВВ до 82,5 % (на 9,9 % порівняно з контролем), Віолар – до 87,2 % (на 16,1%), а Мікофренд – до 81,2 % (на 8,1 %). Поєднання біопрепаратів привело до ще більш вираженого ефекту: за використання Проф+Віо рівень ВВВ підвищився до 88,7 % (на 18,1 %), Мус+Проф – до 87,8 % (на 16,9 %), Мус+Віо – до 89,5 % (на 19,2 %). Найефективнішою виявилася комплексна обробка Мус+Проф+Віо, яка сприяла підвищенню ВВВ на 26,1 % відносно контролю, що свідчить про виражений синергічний ефект різних за механізмом дії біологічних препаратів.

В умовах гострої посухи 2024 р. вплив біопрепаратів на водний статус був ще більш помітним. Комплексне застосування Мус+Проф+Віо підвищило рівень ВВВ на 31,9 % відносно контролю, демонструючи ефективність біопрепаратів у формуванні системи водоутримання в клітинах. Показово, що навіть за гострої посухи рослини, оброблені комплексом біопрепаратів, мали ВВВ на рівні 91,9 %, що суттєво перевищувало цей показник на контрольному варіанті у сприятливих умовах 2023 р. (75,1 %). Це підтверджує високу ефективність біопрепаратів у підвищенні стресостійкості та нівелюванні негативного впливу водного дефіциту.

Застосування біопрепаратів також суттєво впливало на ПП рослин, забезпечуючи її оптимальні значення відповідно до умов вирощування. У 2023 р. обробка насіння Профіх збільшила ПП на 19,4 % порівняно з контролем, застосування препаратів Віолар та Мікофренд – на 25,8 та 12,9 %, відповідно.

Найбільш виражений ефект забезпечили комбіновані обробки: за дії Prof+Vio ПП збільшилась на 38,7 %, Мус+Prof – на 32,3 %, Мус+Vio – на 48,4 %. Максимальне значення продигової провідності ($0,51 \text{ моль/м}^2 \cdot \text{с}$, +64,5 % до контролю) зафіксовано за комплексної обробки Мус+Prof+Vio, що забезпечувало високий рівень фотосинтетичної активності.

В умовах посухи 2024 р. дія біопрепаратів була спрямована не на максимальне відкриття продихів, а на їх оптимальне регулювання. Комплексна обробка препаратами Мус+Prof+Vio привела до підвищення ПП до $0,39 \text{ моль/м}^2 \cdot \text{с}$, що у 2,1 рази вище порівняно з контролем, це забезпечило достатній рівень фотосинтезу за одночасного обмеження втрат води [32].

Також у відповідь на посуху 2024 р. спостерігалось значне підвищення вмісту проліну в рослинах у всіх варіантах досліду порівняно з 2022–2023 рр. (табл. 2). На контролі його вміст сягнув $6,9 \text{ мкг/г}$, що на 26,7–34,7 % вище порівняно з попередніми роками (рис. 1). Це свідчить про активацію природних захисних механізмів, оскільки пролін є важливим осмопротектором, який накопичується в клітинах рослин за умов водного дефіциту, підтримуючи осмотичний баланс. Отримані в цій роботі результати узгоджуються з нашими попередніми дослідженнями щодо ролі біопрепаратів у формуванні врожайності сої під час вирощування за умов нестійкого зволоження й органічного землеробства [33].

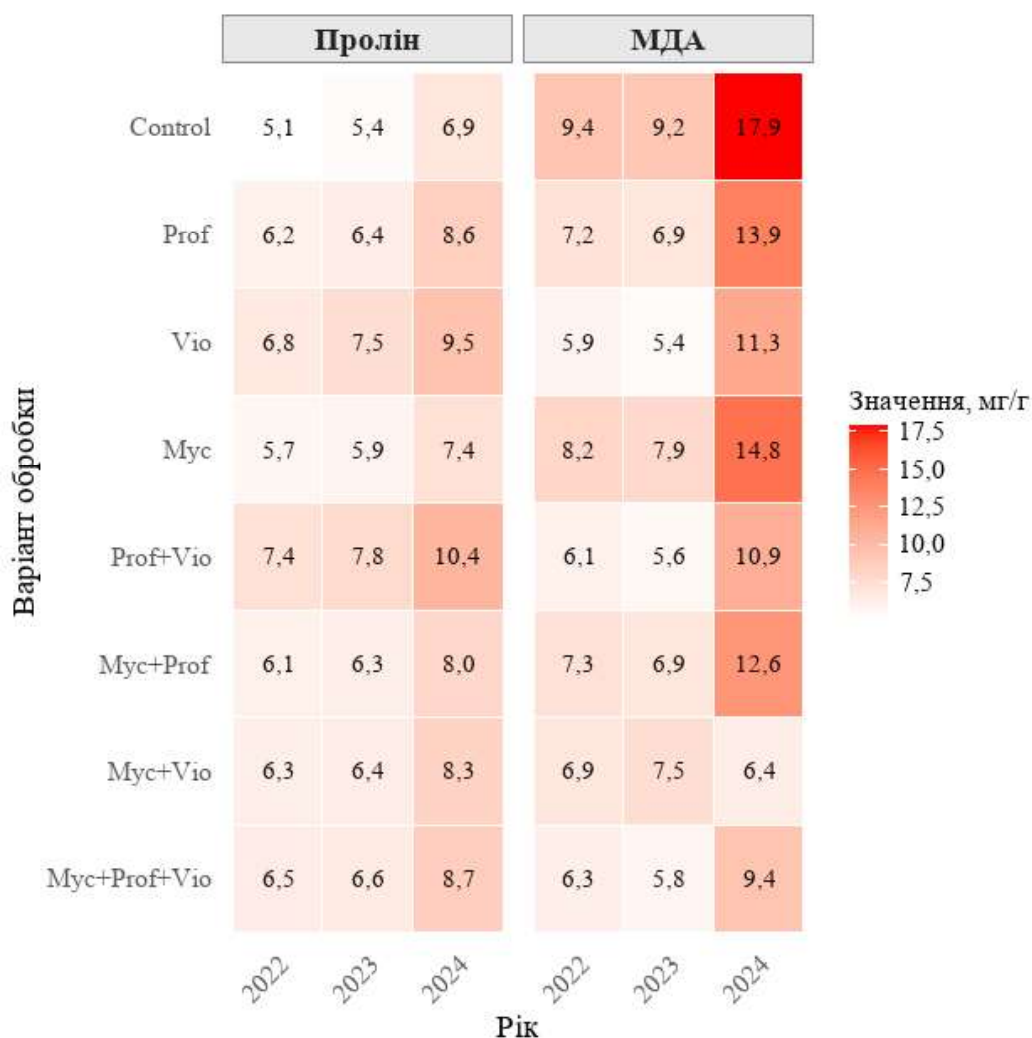


Рис. 1. Теплова карта вмісту проліну та МДА в рослинах сої за різних варіантів обробки, 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

Максимальне накопичення проліну було зафіксовано у варіанті з комбінованим застосуванням Prof+Vio: у 2022–2023 рр. вміст проліну становив 7,4–7,8 мкг/г (на 43,9–45,1 % вище контролю), а в 2024 р. – 10,4 мкг/г (на 51,4 % вище). Цей ефект можна пояснити синергічною дією азотфіксуючих бактерій і фітогормонального комплексу у складі препаратів щодо регуляції метаболічних процесів. Комплексне застосування трьох біопрепаратів Muc+Prof+Vio також сприяло суттєвому підвищенню вмісту проліну – до 6,5–6,6 мкг/г у 2022–2023 рр. та до 8,7 мкг/г у 2024 р. (на 21,4–27,6 % вище контролю), що підтверджує ефективність інтегрованого підходу до стимуляції адаптивних механізмів.

Особливо показовими за даними табл. 2 виявилися зміни вмісту МДА, який у 2024 р. на контролі досяг 17,9 мкг/г, що майже вдвічі більше за показники 2022–2023 рр. (9,2–9,4 мкг/г). Таке різке зростання рівня МДА вказує на активізацію процесів перекисного окиснен-

ня ліпідів у клітинних мембранах рослин внаслідок посухи, яка негативно впливає на їхню структурну цілісність і функціональність.

Комплексне застосування трьох біопрепаратів Muc+Prof+Vio виявилось найбільш ефективним щодо корегування рівня МДА в рослинах, який зменшився на 33,2–37,2 % у 2022–2023 рр. та на 47,7 % у 2024 р. Це свідчить про потужний антиоксидантний ефект і формування комплексної системи захисту клітин від оксидативного стресу. Високу ефективність також показала комбінація препаратів Muc+Vio, застосування якої привело до зниження вмісту МДА на 26,4–29,8 % у 2022–2023 рр. та на 37,8 % у 2024 р., що підтверджує значну роль мікоризоутворюючих грибів і фітогормонів у підтримці цілісності клітинних мембран під дією абіотичного стресу.

Несприятливі кліматичні умови 2024 р. зумовили суттєве зниження урожайності сої в усіх варіантах дослідження (табл. 2, рис. 2).

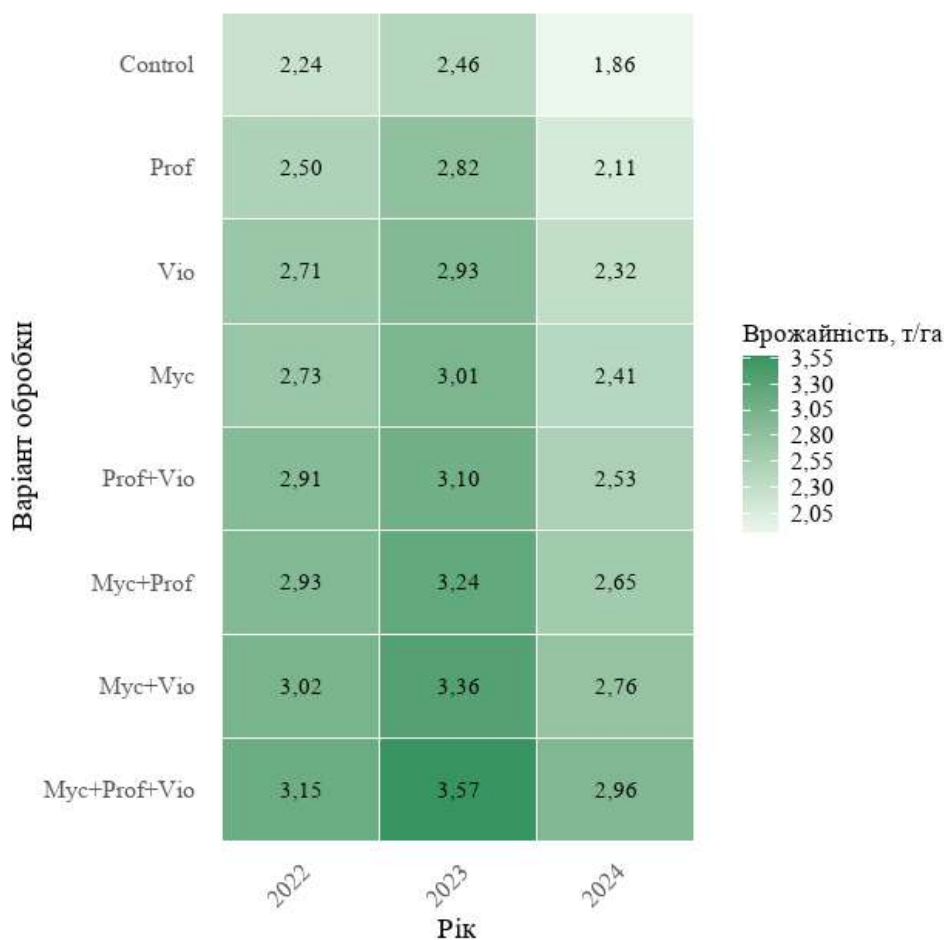


Рис. 2. Теплова карта врожайності сої за різних варіантів обробки, 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

На контрольному варіанті урожайність становила 1,9 т/га, що на 17,0–24,4 % нижче порівняно з 2022–2023 рр. Зменшення ВВВ нижче 70 % підтверджує, що водний дефіцит є критичним чинником, що порушує фотосинтез, дихання і транспорт асимілятів, безпосередньо впливаючи на формування продуктивності культури сої.

Максимальну урожайність забезпечило комплексне застосування трьох біопрепаратів Мус+Prof+Vio в технології вирощування сої. Перевищення врожайності з контрольних ділянок за їх використання становило 40,6–45,1 % у 2022–2023 рр. та 59,1 % у 2024 році. Це підтверджено результатами статистичного аналізу та свідчить про високу ефективність інтегрованого підходу для підвищення посухостійкості та продуктивності сої. Високі показники урожайності також забезпечувала комбінація препаратів Мус+Vio (+34,8–36,6 % у 2022–2023 рр. та +48,4 % у 2024 р.), що підтверджує провідну роль мікоризації та гормональної регуляції у формуванні продуктивності сої.

Для підтвердження встановлених закономірностей здійснено кореляційний аналіз між фізіолого-біохімічними показниками адаптації сої до гідротермічного стресу. Найбільш показовим є надзвичайно сильний негативний кореляційний зв'язок між вмістом АБК та врожайністю ($r = -0,909$), що підтверджує ключову роль цього фітогормону у зниженні продуктивності сої під дією стресу. Також високий позитивний кореляційний зв'язок між вмістом АБК та МДА ($r = 0,882$) свідчить про прямий зв'язок між активацією синтезу АБК і розвитком оксидативного стресу у рослинних тканинах.

Вміст АБК негативно корелював з продиговою провідністю ($r = -0,885$), що підтверджує фізіологічну роль АБК як основного регулятора закриття продихів у відповідь на водний дефіцит. Також зафіксовано негативну кореляцію між вмістом АБК і відносним вмістом води (ВВВ) ($r = -0,723$), що вказує на погіршення водного статусу рослин зі зростанням концентрації гормону стресу. Щодо взаємозв'язку між вмістом проліну та рівнем АБК, встановлено слабкий позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,306$), що свідчить про паралельне, хоча й частково незалежне залучення цих метаболітів у стрес-адаптивних механізмах.

Значущий негативний зв'язок з коефіцієнтом кореляції $r = -0,799$ виявлено між вмістом МДА та ПП, що відображає порушення газообмінних процесів в рослинах за умов

оксидативного стресу. Крім того, кореляція між вмістом МДА та ВВВ з $r = -0,574$, підтверджує негативний вплив посиленого перекисного окиснення ліпідів на водний статус рослин. Висока негативна кореляція між вмістом МДА та врожайністю ($r = -0,754$) свідчить про прямий негативний вплив оксидативного стресу на формування продуктивності сої.

Водночас сильний позитивний кореляційний зв'язок між ВВВ і ПП ($r = 0,832$) підтверджує значну роль водного режиму рослин на функціонування продигового апарату. Виявлено також високу позитивну кореляцію між ВВВ та врожайністю ($r = 0,847$), що демонструє критичну роль підтримання оптимального водного статусу для формування продуктивності культури.

Найсильніший позитивний кореляційний зв'язок зафіксовано між ПП та врожайністю ($r = 0,955$), що підкреслює вирішальне значення стабільного функціонування продигового апарату для забезпечення високої продуктивності сої.

Отримані результати переконливо підтверджують, що застосування біопрепаратів у технологіях вирощування сої сприяє оптимізації водного режиму, зниженню інтенсивності оксидативного стресу та підтриманню продуктивності рослин в умовах гідротермічного стресу через комплексний вплив на ключові фізіолого-біохімічні механізми адаптації.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило ключову роль АБК у формуванні адаптивних реакцій рослин сої на гідротермічний стрес завдяки регуляції продигової провідності та вологозабезпечення. В умовах дефіциту опадів спостерігалось зростання концентрації АБК на 25,0–30,8 %, що свідчило про активацію захисних механізмів. Застосування біопрепаратів сприяло зниженню рівня цього гормону в середньому на 9,2–36,3 %, що підтверджує їх позитивний вплив на стресостійкість рослин сої.

У відповідь на посушливі умови 2024 р. відбулося суттєве підвищення вмісту проліну у всіх варіантах досліду, що є ознакою активації природних механізмів осморегуляції. Найбільше накопичення проліну в рослинах сої зафіксовано за використання комплексу біопрепаратів Prof+Vio – в середньому на 47,1 % порівняно з контролем.

Посушливі умови також спричинили істотне зростання концентрації малонового діальдегіду, що вказувало на посилення процесів перекисного окиснення ліпідів і

порушення структурної цілісності клітинних мембран. Комплексне застосування біопрепаратів, особливо Мус+Prof+Vio, привело до зниження вмісту МДА на 15,6–41,8 % і збільшенню вмісту проліну на 9,1–46,6 % порівняно з контролем, що свідчило про формування ефективної антиоксидантної системи захисту.

Встановлено, що застосування біопрепаратів суттєво покращувало водний статус рослин сої в усі роки дослідження – в середньому на 10,0–27,6 % порівняно з контролем, що підтверджує формування ефективних механізмів утримання води в клітинах і підвищення стресостійкості.

Оптимізація продигової провідності рослин під впливом біопрепаратів відбувалася не лише завдяки підвищенню провідності (на 19,2–65,4 % порівняно з контролем), а також через формування регуляторних механізмів, що забезпечували адаптивне функціонування продигового апарату відповідно до гідротермічного режиму.

Кореляційний аналіз підтвердив ключові механізми впливу на продуктивність: встановлено сильний негативний зв'язок урожайності з вмістом АБК ($r = -0,909$) і МДА ($r = -0,754$) та сильний позитивний – з продиговою провідністю ($r = 0,955$) і відносним вмістом води ($r = 0,847$). Зниження урожайності на 17–24 % у контрольному варіанті в умовах посухи підтверджує критичну роль водного дефіциту в обмеженні продуктивності сої. Водночас застосування біопрепаратів, особливо комплексу Мус+Prof+Vio, сприяло підвищенню врожайності на 12,3–45,5 % завдяки покращенню водного режиму, зниженню концентрації АБК і МДА, що свідчить про ефективність комплексного підходу до підвищення посухостійкості культури.

Результати дослідження переконливо демонструють, що саме комплексне застосування біопрепаратів є найбільш ефективною стратегією підвищення адаптивного потенціалу органічної сої до гідротермічного стресу. Трьохкомпонентна комбінація мікоризних грибів, азотфіксуючих бактерій і фітогормонів забезпечує системну підтримку метаболічних процесів рослин і стабільну продуктивність навіть за екстремальних погодних умов. Це підтверджує доцільність розроблення адаптивних технологій органічного виробництва сої з урахуванням сучасних тенденцій кліматичних змін.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Capua G.D., Rahmstorf S. Extreme weather in a changing climate. *Environmental Research Letters*. 2023. No 18. 102001. DOI: 10.1088/1748-9326/acfb23
2. Bogati K., Walczak M. The impact of drought stress on soil microbial community, enzyme activities and plants. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. No 1. 189. DOI: 10.3390/agronomy12010189
3. Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early-seed setting stages / S. Poudel et al. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. 1277. DOI: 10.1038/s41598-023-28354-0
4. Чайка Т.О., Ляшенко В.В., Хоменко Б.С. Вплив інокуляції насіння на врожайність сої за органічної технології вирощування. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 133. С. 180–187. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.133.24
5. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності / Г.М. Заболотний та ін.: монографія. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2020. 276 с.
6. Soybean and meal market 2025. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/conferences/soybean-meal-market-2025/about>.
7. Чайка Т.О. Вирощування сої та нішевих культур в Україні за органічними технологіями: перспективи, економічна ефективність і технологічні аспекти. Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин: І міжнар. наук.-пр. акт. конф. Біла Церква: БНАУ, 2025. С. 9–13.
8. Changes in the frequency of sharp cold snaps in spring during the XXI century in Ukraine and their impact on agricultural production / V.O. Balabukh et al. *Agricultural Science and Practice*. 2024. Vol. 11. No 3. P. 3–22. DOI: 10.15407/agrisp11.03.003
9. Absciscic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: a review on current knowledge and future prospects / K. Vishwakarma et al. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. 161. DOI: 10.3389/fpls.2017.00161
10. Phytohormonal signaling in plant resilience: advances and strategies for enhancing abiotic stress tolerance / S. Das et al. *Plant Growth Regulation*. 2025. Vol. 105. P. 329–360. DOI: 10.1007/s10725-025-01279-6
11. The role of ABA and MAPK signaling pathways in plant abiotic stress responses / A. Danquah et al. *Biotechnology Advances*. 2013. Vol. 32. P. 40–52.
12. Awan F.K., Khurshid M.Y., Mehmood A.J.I.J.R.B. Plant growth regulators and their role in abiotic stress management. *International Journal of Innovative Biosciences Research*. 2017. Vol. 1. P. 9–21.
13. Peleg Z., Blumwald E. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 2011. Vol. 14. P. 290–295. DOI: 10.1016/j.pbi.2011.02.001
14. He M., He C.Q., Ding N.Z. Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for

engineering multistress tolerance. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. 1771. DOI: 10.3389/fpls.2018.01771

15. Lee S.B., Suh M.C. Advances in the understanding of cuticular waxes in *Arabidopsis thaliana* and crop species. *Plant Cell Reports*. 2015. Vol. 34. P. 557–572. DOI: 10.1007/s00299-015-1772-2

16. Abhilasha A., Choudhury S.R. Molecular and Physiological Perspectives of Absciscic Acid Mediated Drought Adjustment Strategies. *Plants (Basel)*. 2021. Vol. 10. No 12. 2769. DOI: 10.3390/plants10122769

17. Absciscic acid: emergence of a core signaling network / S.R. Cutler et al. *Annual Review of Plant Biology*. 2010. Vol. 61. P. 651–679. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112122.

18. Mathivanan S. Abiotic Stress-Induced Molecular and Physiological Changes and Adaptive Mechanisms in Plants. In: Fahad S., Saud S., Chen Y., Wu C., Wang D. *Abiotic stress in plants*. IntechOpen; London UK: 2021. DOI: 10.5772/intechopen.93367

19. The absciscic acid signaling negative regulator *OsPP2C68* confers drought and salinity tolerance to rice / B. Wang et al. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. 6730. DOI: 10.1038/s41598-025-91226-2

20. Potential role of root-associated bacterial communities in adjustments of desert plant physiology to osmotic stress / Z. Zhang et al. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. Vol. 204. 108124. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.108124

21. Orozco-Mosqueda M.d.C., Santoyo G., Glick B.R. Recent advances in the bacterial phytohormone modulation of plant growth. *Plants*. 2023. Vol. 12. No 3. 606. DOI: 10.3390/plants12030606

22. Yaghoobian I., Modarres-Sanavy S.A.M., Smith D.L. Plant growth promoting microorganisms (PGPM) as an eco-friendly option to mitigate water deficit in soybean (*Glycine max* L.): Growth, physio-biochemical properties and oil content. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022. Vol. 191. P. 55–66. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.09.013

23. Inter-organismal signaling in the rhizosphere / M. Antar et al. In: Gupta V.V.S.R., Sharma A.K. *Rhizosphere biology: interactions between microbes and plants*. rhizosphere biology. Springer, Singapore. 2021. DOI: 10.1007/978-981-15-6125-2_13

24. *Lactobacillus helveticus* EL2006H cell-free supernatant enhances growth variables in *Zea mays* (maize), *Glycine max* L. Merrill (soybean) and *Solanum tuberosum* (potato) exposed to NaCl stress / J. Naamala et al. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 13. 1075633. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1075633

25. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability -Microbial inoculants in sustainable agriculture: advancements, challenges, and future directions / A.M. Díaz-Rodríguez et al. *Plants*. 2025. Vol. 14. No 2. 191. DOI: 10.3390/plants14020191

26. Relative water content, proline, and antioxidant enzymes in leaves of long shelf-life tomatoes under drought stress and rewatering / C. Patané

et al. *Plants*. 2022. Vol. 11. 3045. DOI: 10.3390/plants11223045

27. Interference-free determination of abscisic acid and gibberellin in plant samples using excitation-emission matrix fluorescence based on oxidation derivatization coupled with second-order calibration methods / Y.-N. Li et al. *Analytical Methods*. 2009. Vol. 1. P. 115–122. DOI: 10.1039/B9AY00048H

28. Stomatal conductance is a key parameter to assess limitations to photosynthesis and growth potential in barley genotypes / Q. Jiang et al. *Plant Biology*. 2006. Vol. 8. P. 515–521. DOI: 10.1055/s-2006-923964

29. Assessing morpho-physiological and biochemical markers of soybean for drought tolerance potential / M.K. Fatema et al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. No 2. 1427. DOI: 10.3390/su15021427

30. Filipovič A. Water plant and soil relation under stress situations. Meena R.S., Datta R. Soil moisture importance. *IntechOpen*. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.93528

31. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing treatment of soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds / T. Chaika et al. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2025. Vol. 21. No 2. P. 106–119. DOI: 10.31548/dopovidi/2.2025.106

32. Чайка Т.О., Короткова І.В. Вплив передпосівної обробки насіння сої біопрепаратами на вміст фотосинтетичних пігментів і врожайність за умов нестійкого зволоження й органічного землеробства. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 188–198. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-188-198

REFERENCES

1. Capua, G.D., Rahmstorf, S. (2023). Extreme weather in a changing climate. *Environmental Research Letters*. no. 18, 102001. DOI: 10.1088/1748-9326/acfb23
2. Bogati, K., Walczak, M. (2022). The Impact of Drought Stress on Soil Microbial Community, Enzyme Activities and Plants. *Agronomy*. no. 12(1), 189. DOI: 10.3390/agronomy12010189
3. Poudel, S., Vennam, R.R., Shrestha, A., Reddy, K.R., Wijewardane, N.K., Reddy, K.N., Bheem-anahalli, R. (2023). Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early-seed setting stages. *Scientific Reports*. no. 13, 1277. DOI: 10.1038/s41598-023-28354-0
4. Chaika, T.O., Liashenko, V.V., Khomenko, B.S. (2023). Vplyv inokuliatsii nasinnia na vrozhaunist soi za orhanichnoi tekhnologii vyroshchuvannia [The impact of seed inoculation on soybean yield under organic cultivation technology]. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Silskohospodarski nauky [Taurida Scientific Herald. Rural Sciences]*. no. 133, pp. 180–187. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.133.24
5. Zabolotnyi, H.M., Mazur, V.A., Tsyhanska, O.I., Didur, I.M., Tsyhanskyi, V.I., Pansyryeva, H.V. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnos-

ti: monohrafiia [Agrobiological principles of soybean cultivation and ways to maximize its productivity]. Vinnytsia, FOP Korzun D.Yu., 276 p.

6. Soybean and meal market 2025. Available at: <https://www.apk-inform.com/uk/conferences/soybean-meal-market-2025/about>.

7. Chaika, T.O. (2025). Vyroshchuvannia soi ta nishevnykh kultur v Ukraini za orhanichnymi tekhnolohiyamy: perspektyvy, ekonomichna efektyvnist i tekhnolohichni aspekty [Organic cultivation of soybean and niche crops in Ukraine: prospects, economic efficiency, and technological aspects]. Resursozberihaiuchi tekhnolohii vyroshchuvannia kulturnykh roslin: I Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Resource-saving technologies for cultivated crop production: international scientific and practical conference]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 9–13.

8. Balabukh, V.O., Malytska, L.V., Dovhal, H.P., Yahodynets, S.M., Lavrynenko, O.M. (2024). Changes in the frequency of sharp cold snaps in spring during the XXI century in Ukraine and their impact on agricultural production. *Agricultural Science and Practice*. no. 11(3), pp. 3–22. DOI: 10.15407/agrisp11.03.003

9. Vishwakarma, K., Upadhyay, N., Kumar, N., Yadav, G., Singh, J., Mishra, R.K., Kumar, V., Verma, R., Upadhyay, R.G., Pandey, M., Sharma, S. (2017). Absciscic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: a review on current knowledge and future prospects. *Frontiers in Plant Science*. no. 8, 161. DOI: 10.3389/fpls.2017.00161

10. Das, S., Shil, S., Rime, J., Yumkhaibam, T., Mounika, V., Singh, A.P., Kundu, M., Lalmangaihualiet, H.P., Hazarika, T.K., Singh, A.K., Singh, S. (2025). Phytohormonal signaling in plant resilience: advances and strategies for enhancing abiotic stress tolerance. *Plant Growth Regulation*. no. 105, pp. 329–360. DOI: 10.1007/s10725-025-01279-6

11. Danquah, A., de Zelicourt, A., Colcombet, J., Hirt, H. (2013). The role of ABA and MAPK signaling pathways in plant abiotic stress responses. *Biotechnology Advances*. no. 32, pp. 40–52.

12. Awan, F.K., Khurshid, M.Y., Mehmood, A.J.I.J.I.R.B. (2017). Plant growth regulators and their role in abiotic stress management. *International Journal of Innovative Biosciences Research*. no. 1, pp. 9–21.

13. Peleg, Z., Blumwald, E. (2011). Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*. no. 14, pp. 290–295. DOI: 10.1016/j.pbi.2011.02.001

14. He, M., He, C.Q., Ding, N.Z. (2018). Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. *Frontiers in Plant Science*. no. 9, 1771. DOI: 10.3389/fpls.2018.01771

15. Lee, S.B., Suh, M.C. (2015). Advances in the understanding of cuticular waxes in *Arabidopsis*

thaliana and crop species. *Plant Cell Reports*. no. 34, pp. 557–572. DOI: 10.1007/s00299-015-1772-2

16. Abhilasha, A., Choudhury, S.R. (2021). Molecular and physiological perspectives of abscisic acid mediated drought adjustment strategies. *Plants (Basel)*. no. 10(12), 2769. DOI: 10.3390/plants10122769

17. Cutler, S.R., Rodriguez, P.L., Finkelstein, R.R., Abrams, S.R. (2010). Absciscic acid: emergence of a core signaling network. *Annual Review of Plant Biology*. no. 61, pp. 651–679. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112122

18. Mathivanan, S., Fahad S., Saud S., Chen Y., Wu C., Wang D. (2021). Abiotic stress-induced molecular and physiological changes and adaptive mechanisms in plants. *Abiotic stress in plants*. IntechOpen. London, UK. DOI: 10.5772/intechopen.93367

19. Wang, B., Luo, Y., Zhong, B., Xu, H., Wang, F., Li, W., Lin, M., Chen, J., Chen, L., Liang, M., Dai, X. (2025). The abscisic acid signaling negative regulator *OsPP2C68* confers drought and salinity tolerance to rice. *Scientific Reports*. no. 15, 6730. DOI: 10.1038/s41598-025-91226-2

20. Zhang, Z., Chai, X., Zhang, B., Lu, Ya., Gao, Ya., Tariq, A., Li, X., Zeng, F. (2023). Potential role of root-associated bacterial communities in adjustments of desert plant physiology to osmotic stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. no. 204, 108124. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.108124

21. Orozco-Mosqueda, M.d.C., Santoyo, G., Glick, B.R. (2023). Recent advances in the bacterial phytohormone modulation of plant growth. *Plants*. no. 12(3), 606. DOI: 10.3390/plants12030606

22. Yaghoubian, I., Modarres-Sanavy, S.A.M., Smith, D.L. (2022). Plant growth promoting microorganisms (PGPM) as an eco-friendly option to mitigate water deficit in soybean (*Glycine max* L.): Growth, physio-biochemical properties and oil content. *Plant Physiology and Biochemistry*. no. 191, pp. 55–66. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.09.013

23. Antar, M., Gopal, P., Msimbira, L.A., Naamala, J., Nazari, M., Overbeek, W., Backer, R., Smith, D.L. (2021). Inter-organismal signaling in the rhizosphere. *Rhizosphere biology: interactions between microbes and plants*. Rhizosphere biology. Springer, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-15-6125-2_13

24. Naamala, J., Msimbira, L.A., Subramanian, S., Smith, D.L. (2023). *Lactobacillus helveticus* EL2006H cell-free supernatant enhances growth variables in *Zea mays* (maize), *Glycine max* L. Merrill (soybean) and *Solanum tuberosum* (potato) exposed to NaCl stress. *Frontiers in Microbiology*. no. 13, 1075633. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1075633

25. Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., Boyce, A.N. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability -Dhaz-Rodriguez, A.M., Parra, Cota F.I., Cira Chávez, L.A., García Ortega, L.F., Estrada Alvarado, M.I., Santoyo, G., de los Santos-Villalobos, S. (2025). Microbial inoculants in sustainable agricul-

ture: advancements, challenges, and future directions. Plants. no. 14(2), 191. DOI:10.3390/plants14020191

26. Patanni, C., Cosentino, S.L., Romano, D., Toscano, S. (2022). Relative water content, proline, and antioxidant enzymes in leaves of long shelf-life tomatoes under drought stress and rewatering. Plants. no. 11, 3045. DOI: 10.3390/plants11223045

27. Li, Y.-N., Wu, H.-L., Nie, J.-F., Li, S.-F., Yu, Y.-J., Zhang, S.-R., Yu, R.-Q. (2009). Interference-free determination of abscisic acid and gibberellin in plant samples using excitation-emission matrix fluorescence based on oxidation derivatization coupled with second-order calibration methods. Analytical Methods. no. 1, pp. 115–122. DOI: 10.1039/B9AY00048H

28. Jiang, Q., Roche, D., Monaco, T.A., Hole, D. (2006). Stomatal conductance is a key parameter to assess limitations to photosynthesis and growth potential in barley genotypes. Plant Biology. no. 8, pp. 515–521. DOI: 10.1055/s-2006-923964

29. Fatema, M.K., Mamun, M.A.A., Sarker, U., Hossain, M.S., Mia, M.A.B., Roychowdhury, R., Ercisli, S., Marc, R.A., Babalola, O.O., Karim, M.A. (2023). Assessing morpho-physiological and biochemical markers of soybean for drought tolerance potential. Sustainability. no. 15(2), 1427. DOI: 10.3390/su15021427

30. Filipovix, A. Water plant and soil relation under stress situations. Soil moisture importance. IntechOpen. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.93528

31. Chaika, T., Korotkova, I., Shevnikov, M., Lishenko, V., Horbenko, O. (2025). Physiological and biochemical aspects of pre-sowing treatment of soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds. Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. no. 21(2), pp. 106–119. DOI: 10.31548/dopovidi/2.2025.106

32. Chaika, T.O., Korotkova, I.V. (2025). Vplyvпередposivnoi obrobky nasinnia soi biopreparatamy na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv i vrozhaunist za umov nestiikoho zvolozhennia y orhanichnoho zemlerobstva [Effect of pre-sowing treatment of soybean seeds with biopreparations on the content of photosynthetic pigments and yield under unstable moisture conditions and organic farming]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no 1, pp. 188–198. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-188-198

Physico-chemical aspects of biological products influence on the abscisic acid content under conditions of hydrothermal stress in soybean (*Glycine max* L. Merr.): integration of biochemical and agronomic markers of adaptation

Chayka T., Korotkova I.

The hydrothermal stress remains one of the key factors limiting soybean productivity, especially in organic farming. This study aims to investigate the effect of biological products on the abscisic acid content, as well as physiological, biochemical and agronomic indicators of the adaptive capacity of soybeans Khorol variety when grown under hydrothermal stress conditions. Field experiments were conducted in Poltava region in 2022–2024. The pre-sowing seed treatment and crops spraying were carried out with biological products based on mycorrhizal fungi, rhizosphere and nitrogen-fixing bacteria, and phytohormones. The dynamics of abscisic acid, relative water content in leaves, stomatal conductance, proline and malondialdehyde concentrations were studied at using biological products and their mixtures, and their connection with crop yield was shown. It has been established that the use of biological products contributed to a decrease in the abscisic acid content by 8–34 %, which indicates a reduction in stress on plants; an increase in the relative water content by 10–28 %, which ensures optimal water status of cells; an improvement in stomatal conductivity by 19–65 % by optimizing stomatal opening to support photosynthesis and control water loss, a decrease in the malondialdehyde concentration by 22–48 %, which indicates the effective protection of cell membranes from oxidative stress, and ultimately leads to the yield increase by 13–47 %. It has been proven that under water stress conditions, treatment with biological preparations modulates the biosynthesis of abscisic acid and optimizes its regulatory function, which is manifested in coordinated changes in osmoprotective mechanisms, antioxidant defense, and water regime of plants. The triple combination of biological products had the most effective impact on physiological and biochemical adaptation indicators, ensuring a balance between phytohormonal regulation, water regime, antioxidant protection, and soybean crop productivity under conditions of hydrothermal stress.

Key words: proline, malondialdehyde, relative water content, stomatal conductance, crop yield.



Copyright: Чайка Т.О., Короткова І.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:

Чайка Т.О.

Короткова І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5980-7517>

<https://orcid.org/0000-0002-5980-7517>



АГРОНОМІЯ

УДК 633.1:631.4.604/631.8

Вплив біодобрих Азотохелп® та Граундфікс® на формування мікробних угруповань ризосфери пшениці озимої**Яковенко Д.О.^{1,2} , Бородай В.В.^{1,3} **¹ Інститут агроєкології і природокористування НААН України² Біотехнологічна компанія BTU³ Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: Яковенко Д.О. d.yakovenko@btu-center.com; Бородай В.В. veraboro@gmail.com



Яковенко Д.О., Бородай В.В. Вплив біодобрих Азотохелп® та Граундфікс® на формування мікробних угруповань ризосфери пшениці озимої. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 246–257.

Yakovenko D., Boroday V. The effect of Azotohelp® and Groundfix® biofertilizers on the formation of microbial communities in the rhizosphere of winter wheat. «Agrobiologia», 2025. no. 2, pp. 246–257.

Рукопис отримано: 01.10.2025 р.

Прийнято: 16.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-246-257

Останнім часом у всьому світі зростає інтерес до використання біодобрих, які мають прямий та опосередкований вплив на родючість ґрунту, регуляцію стійкості та продуктивності зернових культур в умовах змін клімату. Упродовж 2021–2022 рр. в умовах Хмельницької ДСГДС ІКСГП НААН (Західний Лісостеп України) було досліджено ефективність внесення біодобрих Азотохелпу® та Граундфіксу® (біотехнологічна компанія BTU, Україна) під передпосівну культивуацію на динаміку розвитку мікробних угруповань ризосфери пшениці озимої.

Встановлено суттєвий вплив біодобрих Граундфіксу та Азотохелпу на структуру еколого-трофічних груп, функціональну спрямованість мікробного ценозу ризосфери пшениці озимої, рівень доступних поживних речовин, а в подальшому на продуктивність культури. Зокрема, співвідношення нітрифікаторів та амоніфікаторів у фазу цвітіння у варіантах з Граундфіксом (3 л/т) та Азотохелпом (3 л/т) становило 0,58 та 0,92 відповідно порівняно з контролем (0,49). Комбіноване застосування Граундфіксу® 1,5 л/га + Азотохелпу® 1,5 л/га у 2022 рр. у фазу цвітіння стимулювало розвиток мікроорганізмів, що використовують мінеральні форми азоту та гетеротрофних мікроорганізмів, які використовують органічний азот, їх кількість була в 3,8 та 5,8 разів більшою відповідно порівняно до контрольного варіанту. Також в 3 рази збільшився вміст бактерій роду *Azotobacter* у порівнянні з контролем. Приріст урожаю за дії біодобрих в середньому за два роки до контролю становив 0,58–0,94 т/га.

Виявлено пролонговану позитивну дію за використання Граундфіксу® 1,5 л/га + Азотохелпу® 1,5 л/га у фазу ВВСН 87–89. Попри зменшення утворення корневих ексудатів в цей період, спостерігали стабільну чисельність еколого-трофічних груп мікроорганізмів, що приводить до уповільнення біологічної виснаженості ґрунту після збирання врожаю, формування органо-мінерального балансу, створює передумови для кращої структури ґрунту та ефективної деградації післязбиірних решток.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., еколого-трофічні групи мікроорганізмів, ризосфера рослин, поліфункціональні біодобрива.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Зниження продуктивності пшениці озимої на 20–50 % від несприятливих стресових чинників, таких як посуха, збільшення частоти, інтенсивності та непередбачуваності повеней, засоленість та інші, призводить до значних втрат врожаю і становить серйозну загрозу для сільського господарства та продовольчої безпеки [1–5].

Останнім часом у всьому світі зростає інтерес до використання біологічних поліфункціональних препаратів для живлення рослин (біодобрив), які мають прямий та опосередкований вплив на родючість ґрунту, беруть активну участь у регуляції стійкості та продуктивності зернових культур в умовах змін клімату [6–9].

Інокуляція насіння пшениці бактеріальними та грибовими консорціумами *Azospirillum* spp. + *Azoarcus* spp. + *Azorhizobium* spp., *Rhizopagus irregularis* + *Azotobacter vinelandii* та *R. irregularis* + *Bacillus megaterium* + *Frateuria aurantia*, які були основою біодобрив, значно покращила ріст рослин та накопичення нітрогену у фазі росту ВВСН 30-59, однак не мала значного впливу на врожайність та сталість біорізноманіття резидентного мікробіома. Водночас біодобрива значно вплинули на підвищення рівня двох високоякісних білкових субодиноць, а саме високомолекулярної й низькомолекулярної субодиноць глютеніну 81 кДа та 43,6 кДа. Ці ефекти були пов'язані зі збільшенням мікробної біомаси ризосфери та активності ферментів, таких як β -глюкозидаза, α -маннозидаза, β -маннозидаза та ксилідаза, які беруть участь у розкладанні органічної речовини [10].

Досліджено, що за використання біодобрив на основі *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. mucilaginosus* в агроценозі пшениці озимої найбільш домінуючими філами у ґрунті були Proteobacteria, Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes, та Chloroflexi. Впродовж різних фаз росту пшениці за дії біодобрив спостерігалось коливання їх кількості [11].

Збільшення валового виробництва зерна пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) є одним з основних стратегічних завдань, особливо в умовах воєнного стану, що забезпечить продовольчу та економічну безпеку України. Актуальність застосування біодобрив у технологіях вирощування пшениці озимої в Україні обумовлена також розширенням використання агротехнологій органічного й інтегрованого землеробства та розробленням заходів з адаптації рослин до змін клімату.

Метою досліджень було вивчення впливу різних способів внесення біодобрив Азотохел-

пу® та Граундфіксу® на динаміку розвитку мікробних угруповань ризосфери пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводились на дослідному полі Хмельницької ДСГДС ІКСГП НААН (Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля, с. Самчики, Старокостянтинівський р-н., Хмельницька обл., північно-західна частина Правобережного Лісостепу України) впродовж 2020–2022 рр. У досліді висівали пшеницю озиму сорту Богдана. Основний обробіток ґрунту – оранка. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем слабоопідзолений середньосуглинковий, середньопотужний, малогумусний на лісовому суглинку буровато-пального забарвлення. Агрохімічна характеристика ґрунту: гумус (за Тюрнімом) – 2,8–2,9 %, рН – 5,8–6,2; гідролітична кислотність – 1,9–2,3 мг/екв. на 100 г; валові запаси нітрогену – 0,153–0,163 %, фосфору – 0,136–0,149 %; лужногідролізованого нітрогену 17–19,3 мг, рухомі форми фосфору та калію (за Чириковим) – відповідно 20,8–22,6 та 8–12 мг на 100 г. За механічним складом – це середньосуглинковий грудкувато-пилуватої структури ґрунт.

Весна 2021 р. була дещо прохолоднішою за норму, особливо в березні (в середньому 2,3 °C проти 0,4 °C), а опадів (188,6 мм) у травні випало майже втричі більше за норму. Літо 2021 р. було дуже вологим і теплим, із значною кількістю опадів у липні (349,2 мм), що вплинуло на пригнічення росту певних аеробних мікроорганізмів. Весна 2022 р. виявилась теплою, помірно вологою, а літо більш стабільним, порівняно з 2021 р., однак в середньому кількість опадів з весни була недостатньою. Досліди з Граундфіксом® та Азотохелпом® (Азотофіт®) (біотехнологічна компанія BTU, Україна) було закладено в останній декаді вересня – першій половині жовтня, збирання та облік урожаю пшениці озимої було проведено в останній декаді липня згідно із загальноприйнятою агротехнікою для умов Західного Лісостепу [12,13].

Дослідження проводили за наступною схемою: 1 – контроль; 2 – Граундфікс® 3 л/га під передпосівну культивуацію; 3 – Азотохелп® 3 л/га під передпосівну культивуацію; 4 – Граундфікс® 1,5 л/га + Азотохелп® 1,5 л/га під передпосівну культивуацію. Повторність – чотирикратна.

До складу біопрепарату Граундфікс® входять мікроорганізми: *Bacillus velezensis* (*B. subtilis*), *B. subtilis*, *Priestia megaterium* (*B. megaterium* var. *phosphaticum*), *Agrobacterium*

pusense (*Azotobacter chroococcum*), *Agr. salinitolerans* (*Enterobacter*), *Paenibacillus polymyxa*. (титр $0,5\text{--}1,5 \times 10^9$ КУО/см³). Основою біопрепарату Азотохелп® є азотфіксуючі бактерії *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*) та біологічно активні продукти їх життєдіяльності (титр $1,0 \times 10^9$ КУО/см³).

Визначення динаміки чисельності мікроорганізмів основних еколого-функціональних груп та основних індексів мікробіологічних процесів проводили у зразках ґрунту ризосфери пшениці, відібраних у фазах росту ВВСН 61-69 та ВВСН 83-89, в Інституті прикладної біотехнології біотехнологічної компанії ВТУ згідно з ДСТУ 7847:2015 та загальноприйнятими у мікробіології методами [14, 15].

Статистичну обробку даних проводили, використовуючи програму Microsoft Office Excel® 2010 для Microsoft Windows®, середні значення порівнювали за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) з $p \leq 0,05$.

Результати дослідження та обговорення. Встановлено суттєвий вплив біодобрив Граундфіксу та Азотохелпу на структуру еколого-трофічних груп і функціональну спрямованість мікробного ценозу ризосфери пшениці озимої, а в подальшому на продуктивність культури.

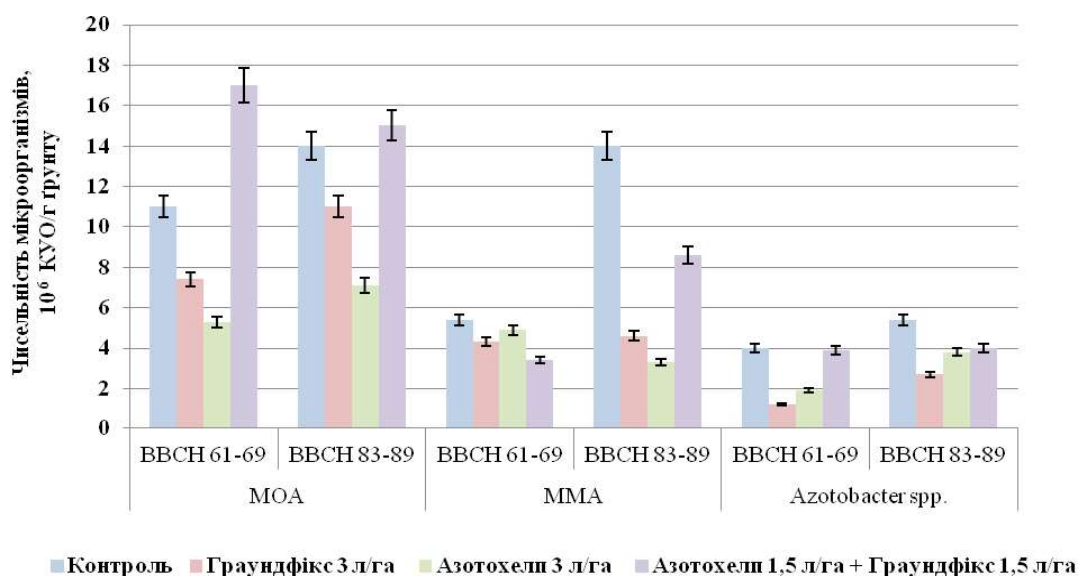
У фазу формування пагонів (кущення) озимої пшениці восени 2020 р. кількість опадів була значно нижчою за норму, що ослабило рослини. Через прохолодну весну 2021 року, недостатню кількість опадів у березні і квітні, ґрунтову посуху у травні і з рекордною кількістю опадів у липні (349,2 мм), ґрунтові умови виявились несприятливими щодо мікробіологічної активності. Відомо, що перезволоження призводить до змін у ґрунтовій мікробній спільноті, впливає як на її загальну структуру, так і на активність стимуляції росту рослин [16]. Співвідношення мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту (ММА) та гетеротрофних мікроорганізмів, які використовують органічний азот (МОА), передусім амоніфікаторів, у фазу ВВСН 61-69 у 2021 р. за варіантами Граундфікс (3 л/т) та Азотохелп (3 л/т) становили 0,58 та 0,92 відповідно порівняно з контролем (0,49), що свідчить про врівноваження процесів, стабільний рівень доступних поживних речовин (рис. 1).

Застосування як окремих, так і сумісних варіантів Граундфіксу та Азотохелпу у 2021 р. привело до зростання кількості целюлозоруйнівних мікроорганізмів ($1,0\text{--}1,2 \times 10^4$ КУО на 1 г сухого ґрунту порівняно з контролем – $7,2 \times 10^3$ КУО на 1 г сухого ґрунту) у фазу ВВСН 61-69, і майже в 1,6 рази у фазу ВВСН

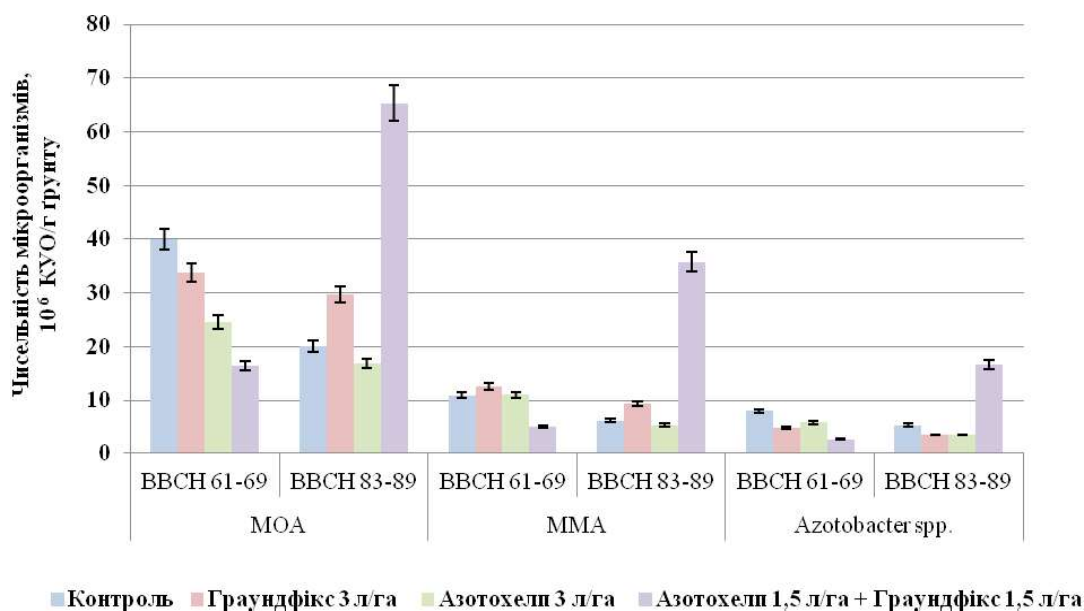
83-89 за використання Граундфіксу (3 л/т) та Азотохелпу (3 л/т). Відомо, що за дії активних штамів целюлозоруйнівних мікроорганізмів процеси мінералізації-імобілізації відбуваються більш інтенсивно [17, 18]. Це свідчить про інтенсифікацію процесів мінералізації в ґрунті, кращу забезпеченість рослин доступними формами азоту. У варіантах із застосуванням біопрепаратів у 2021 р. виявлено більшу чисельність актиноміцетів ($2,2\text{--}2,9 \times 10^5$ проти $1,9 \times 10^5$ КУО/г сухого ґрунту у контролі), які мають високу фізіологічну активність, продукують антибіотики, відіграють значну роль в оздоровленні ґрунтів.

За сумісного використання Граундфікс 1,5 л/га + Азотохелп 1,5 л/га вміст бактерій роду *Azotobacter* був на рівні контролю ($3,9 \times 10^5$ КУО/г сухого ґрунту) порівняно з іншими варіантами ($1,0\text{--}1,9 \times 10^5$ КУО/г сухого ґрунту). Це може бути обумовлено впливом несприятливих кліматичних умов 2021 р. та конкуренцією з природними місцевими штамми. Аналогічні результати спостерігали S. Silletti та ін. (2021), в дослідженнях яких *Azotobacter chroococcum* виявився менш ефективним щодо росту пшениці озимої в надмірно зволжених умовах за неоптимального удобрення та підвищував стійкість рослин лише за екстремального посухового стресу [19].

Окрім прямого впливу на мікробні угруповання ґрунту, складові біопрепаратів на основі бактерій з поліфункціональною дією мають опосередкований вплив на стійкість рослин до біотичних та абіотичних чинників, підвищуючи їх ефективність і адаптивність у польових умовах та призводячи до посиленого загального ефекту. У фази розвитку ВВСН 61–83 пшениця озима проходить від фази цвітіння до початку дозрівання, що є ключовими етапами формування врожаю. У цей час дуже важливим є оптимальне живлення та вологозабезпечення, яким значно сприяло застосування біодобрив Граундфіксу та Азотохелпу, що вплинуло на продуктивність рослин. У 2021 р. приріст урожайності до контролю становив 0,50–0,93 т/га. Аналогічний вплив було показано за поєднання кількох PGPM з різними механізмами дії, а саме *Erwinia* spp. EU-B2SNL1 (N-фіксатор), *Chryseobacterium arthrosphaerae* EU-LWNA-37 (P-солубілізатор) та *Pseudomonas gessardii* EU-MRK-19 (K-солубілізатор). Їх використання покращило ріст та фізіологічні параметри рослин, включаючи довжину та біомасу коренів/пагонів, вміст хлорофілу, каротиноїдів, фенолів, флавоноїдів та вміст розчинного цукру на посівах ячменю [20].



А



В

Рис. 1. Динаміка чисельності фізіологічних груп мікроорганізмів ризосфери пшениці озимої, залучених у трансформацію сполук Нітрогену, за дії біопрепаратів, внесених під передпосівну культивування (А – 2021 р., В – 2022 р.).

Весна 2022 р. виявилась теплою й помірно вологою, а літо більш стабільним, порівняно з попереднім роком, що створило оптимальні умови і сприяло біологічній активності ґрунтової мікробіоти та формування врожаю. Комбіноване застосування Граундфікс® 1,5 л/га + Азотохелп® 1,5 л/га у 2022 р. стимулювало розвиток мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту та гетеротрофних мікроорганізмів, які використовують органічний азот, їх кількість була в 3,8 та 5,8 разів більшою відпо-

відно порівняно до контрольного варіанту. Також в 3 рази збільшився вміст бактерій роду *Azotobacter* у порівнянні з контролем (відповідно 16,6 проти 5,4 КУО/г сухого ґрунту) [9].

Встановлено диференційований вплив біодобрив Граундфіксу та Азотохелпу на активність і структуру мікробних угруповань, залучених у процеси мікробної трансформації органічної речовини, а саме на оліготрофні та педотрофні мікроорганізми ризосфери пшениці озимої (рис. 2).

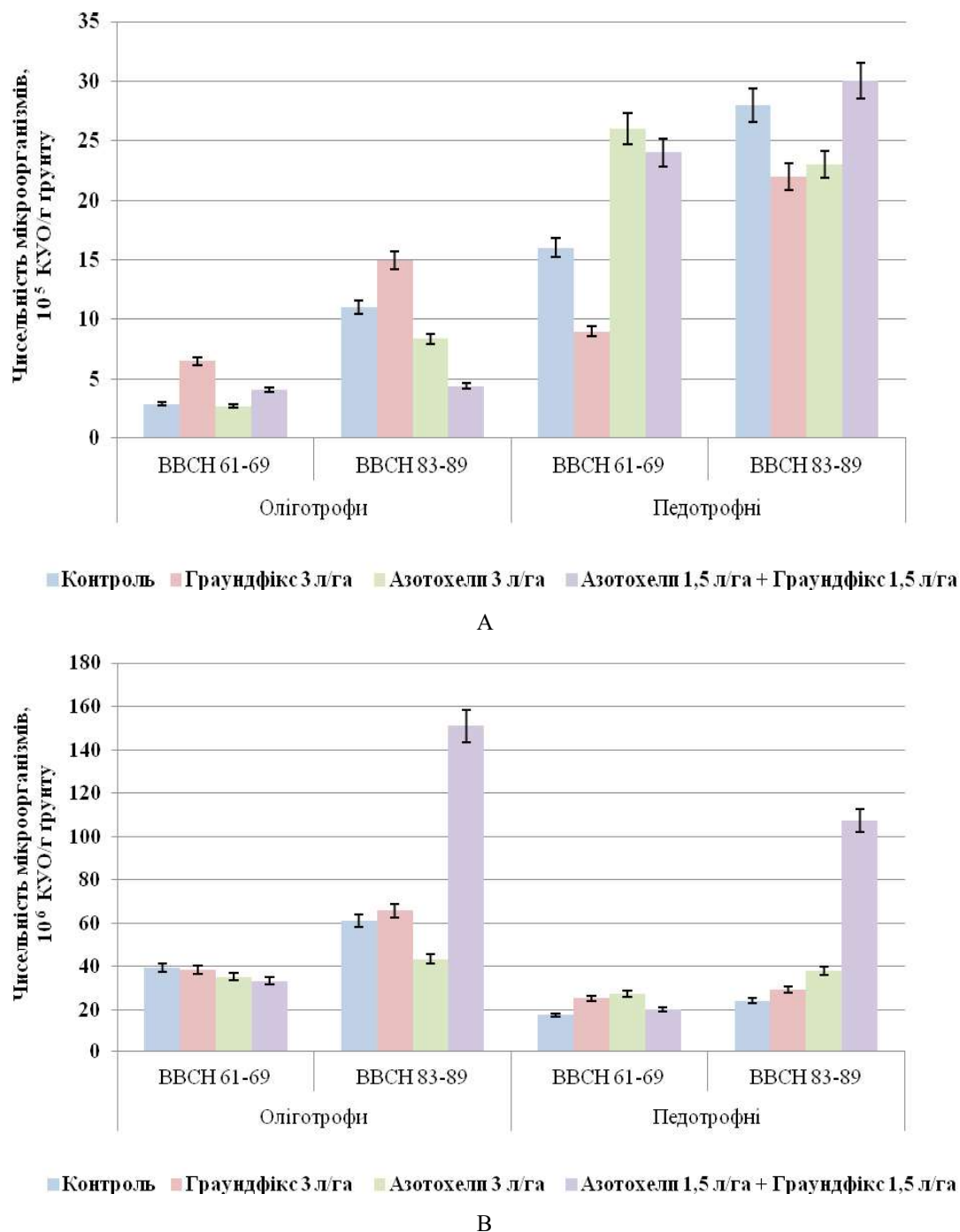


Рис. 2. Динаміка чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери пшениці озимої, що беруть участь у мікробній трансформації органічної речовини, за дії біопрепаратів, внесених під передпосівну культивування (А – 2021 р., В – 2022 р.).

У фазу ВВСН 61-69 (2021 р.) у варіанті з Граундфіксом (3 л/т) виявлено активізацію оліготрофних мікроорганізмів, які розвиваються за низьких концентрацій доступних поживних речовин (наприклад, бактерії родів *Bacillus* та *Streptomyces*), сприяють повільній мінералізації гумусових речовин, розкладанню органічних полімерів (коефіцієнт

оліготрофності збільшився у 2,0 рази порівняно з контрольним варіантом) [9]. Це може бути показником формування мікробіоценозу, орієнтованого на глибоку трансформацію органічної речовини та стабілізацію гумусу. Найактивніший розвиток педотрофних мікроорганізмів, до яких в основному належать амоніфікатори, інші мікроорганізми, що роз-

кладають свіжу органічну речовину, спостерігався за дії Азотохелпу (3 л/т), що може бути обумовлено посиленням мінералізаційних процесів.

Водночас, у варіанті із сумісним внесенням Азотохелпу (1,5 л/т) та Граундфіксу (1,5 л/т) співвідношення еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери пшениці озимої, залучених у трансформацію сполук Нітрогену та тих, що беруть участь у мікробній трансформації органічної речовини, були на рівні контрольного варіанту, що свідчить про збалансоване співвідношення між процесами мінералізації та гуміфікації, розвиток мікробіому за відсутності надмірної активації деструктивних процесів.

У фазу ВВСН 83-89 (2021 р.) за зменшення легкодоступних субстратів, що надходять з кореневими виділеннями, спостерігалась активізація процесів мікробної трансформації органічної речовини, виражена зміна чисельності оліготрофів та педотрофів (у варіанті з Азотохелпом (3 л/т) та Граундфіксом (3 л/т)). За комбінованого внесення біодобрив Азотохелпу (1,5 л/т) та Граундфіксу (1,5 л/т) мікробіота зберігала збалансовану структуру, встановлено помірну активацію обох еколого-трофічних груп.

За більш сприятливих умов у 2022 р. у фазу ВВСН 61-69 мікробіологічна активність ґрунту за дії біодобрив Граундфіксу та Азотохелпу характеризувалась помірною інтенсивністю процесів мінералізації, спостерігали зниження показників коефіцієнта трансформації органічної речовини в 1,5–2,7 рази порівняно з контрольним варіантом. У фазу ВВСН 83-89 синергічний ефект на ґрунтову мікробіоту за впливу комбінованого застосування Граундфікс® 1,5 л/га + Азотохелп® 1,5 л/га проявився у збільшенні чисельності багатьох еколого-функціональних груп, зокрема загальна кількість бактерій зросла від 27,4 до 141,7 млн КУО/г сухого ґрунту. Це свідчить про збалансований вплив біопрепаратів на ґрунтову мікробіоту, що сприяє покращенню її функціональної різноманітності та стійкості.

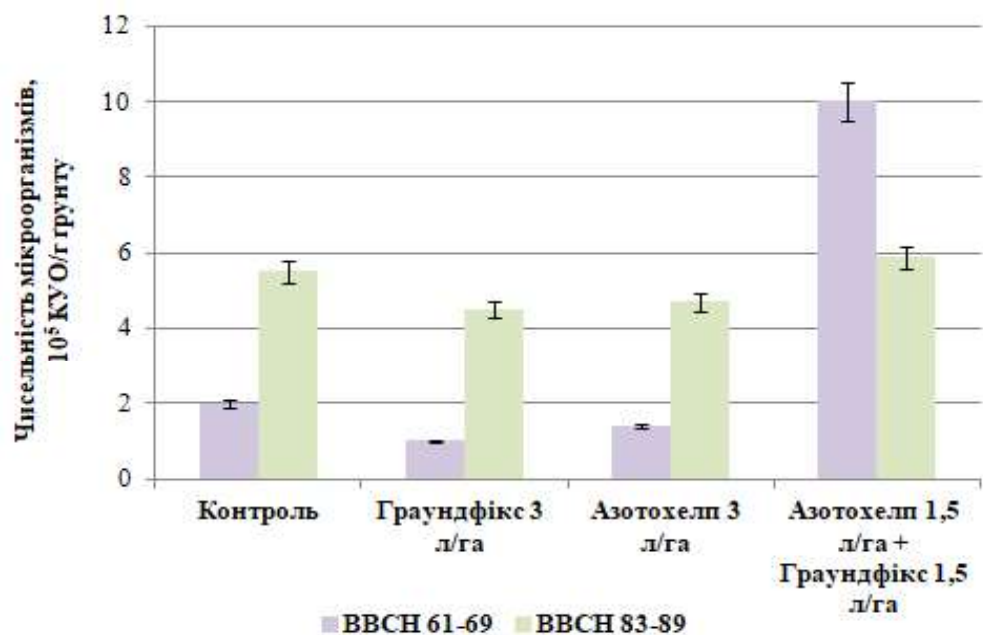
Перед збиранням врожаю, у контрольному варіанті, порівняно із сумісним застосуванням Граундфіксу та Азотохелпу, спостерігали найнижчу загальну кількість бактерій, відповідно – 13,1 проти 141,7 млн КУО/г, чисельність бактерій роду *Azotobacter* – 5,4 проти 16,6 млн КУО/г сухого ґрунту, сповільнення процесів трансформації, зниження інтенсивності мікробіологічних процесів,

чисельності основних еколого-функціональних груп мікроорганізмів, що було зумовлено виснаженням легкодоступних поживних речовин за відмирання кореневої системи та зниження активності кореневої ексудації, конкуренцією між мікроорганізмами. Водночас сумісне застосування біодобрив Граундфіксу та Азотохелпу привело до стимулювання розвитку мікроорганізмів, які використовують різні форми Нітрогену, підвищення частки оліготрофів і педотрофів (на 15–20 % вище контролю). Встановлено значне зростання коефіцієнта трансформації органічної речовини (в 5,7 разів порівняно з червнем). Це вказує на пролонгований ефект біопрепаратів Азотохелп та Граундфікс щодо збереження біологічної активності ґрунту у пізні фази вегетації пшениці озимої, що сприяє підтриманню біологічного потенціалу ґрунту після завершення вегетаційного періоду, уповільнює процеси біологічного виснаження.

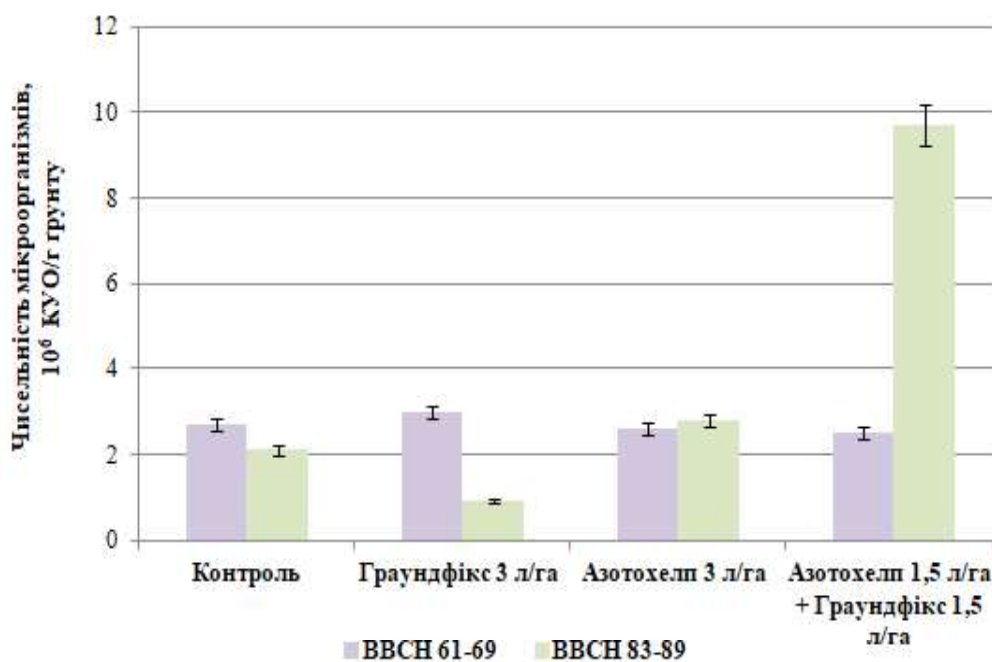
За два роки досліджень кількість спороутворювальних бактерій за окремого внесення біодобрив була дещо нижчою, або на рівні контрольного варіанту ($9,7 \times 10^4$ – $3,0 \times 10^6$ КУО/г проти $2,0 \times 10^5$ – $2,7 \times 10^6$ КУО/г сухого ґрунту у контролі) (рис. 3).

Тимчасом за сумісного застосування Граундфіксу та Азотохелпу – цей показник становив $5,9 \times 10^5$ – $9,7 \times 10^6$ КУО/г сухого ґрунту. Спороутворювальні бактерії, які переважно представлені родом *Bacillus*, вважаються показником глибини розвитку процесу ґрунтоутворення. Висока інтенсивність спороутворення, розвиток актиноміцетів та нітрифікаторів (у фазу ВВСН 83-89 (2022 р.) кількість мікроорганізмів, що споживають мінеральний азот, зросла в 5,8 разів порівняно з контролем) опосередковано може свідчити про більш кращий азотний режим в ґрунті за комбінованого застосування Граундфіксу та Азотохелпу.

Врожайність пшениці озимої і біологічна активність ґрунту перебувають у прямій залежності, тому важливого значення набувають способи активізації біологічних процесів у ньому [21]. Бактерії, складові біопрепаратів, стимулюють ріст та підвищують продуктивність рослин завдяки асиміляції елементів живлення, продукуванню біологічно активних речовин, індукції каскаду захисних реакцій та розвитку системного імунітету рослин, що сприяє мінімізації шкідливого впливу за дії біотичних та абіотичних стресів [16, 22].



А



В

Рис. 3. Динаміка чисельності споруутворювальних бактерій ризосфери пшениці озимої за дії біопрепаратів, внесених під передпосівну культивування (А – 2021 р., В – 2022 р.).

За застосування Граундфікс® та Азотохелп® під передпосівну культивування спостерігається формування більш сприятливих умов для активного функціонування мікробіоти ризосфери пшениці озимої, активізації мікробіологічних процесів, активного транспортування

асимілянтів, що безпосередньо вплинуло на величину врожаю культури. Найвищими виявились показники урожайності у варіанті із сумісним застосуванням Граундфікс® 1,5 л/га + Азотохелп® 1,5 л/га – 6,61 т/га (за окремого внесення відповідно – 6,25 та 6,41 т/га) (рис. 4).

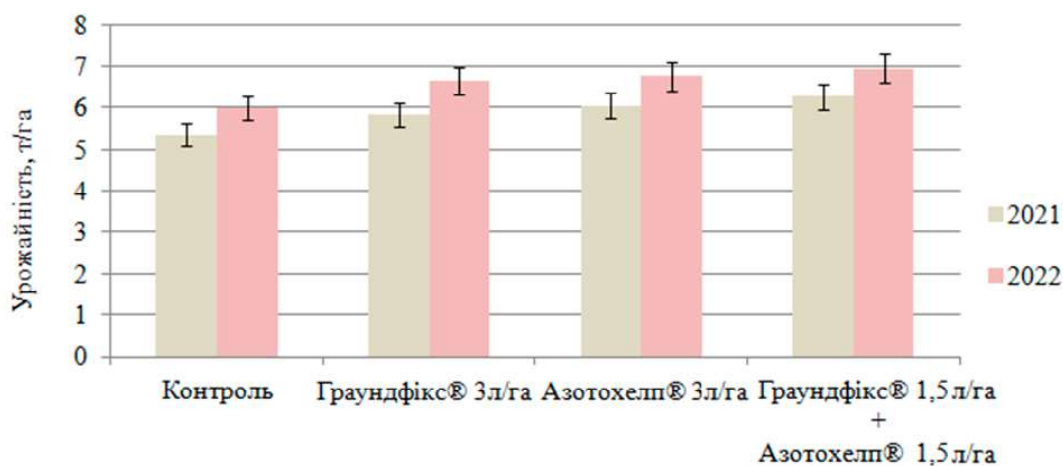


Рис. 4. Урожайність пшениці озимої за дії біодобрив Граундфіксу та Азотохелпу.

У варіанті з Азотохелпом® (3 л/га) урожайність пшениці озимої виявилась більшою порівняно з Граундфіксом® (3 л/га). Це може бути обумовлено утворенням метаболітів, які опосередковано підвищують стійкість рослин до стресів різної природи, активними штамами препарату *Agrobacterium pusense* (*Azotobacter chroococcum*). Згідно з науковими джерелами, такими метаболітами можуть бути індол-3 оцтова кислота, яка стимулює ріст кореневої системи, покращує поглинання води, сидерофори, вітаміни, що діють як антиоксиданти, захищаючи клітини від оксидативного стресу, екзополісахариди, антибіотики.

Саме комплексною взаємодією бактерій-складових Граундфіксу® і Азотохелпу® та їх метаболітів можна пояснити покращення росту й розвитку пшениці озимої. Аналогічні дані отримано іншими дослідниками. Зокрема, М. Yаhуа та ін. (2022) дослідили, що використання біодобрив на основі фосфатомобілізуєчих бактерій сприяло не лише солюбілізації фосфатів у ґрунті, а й покращенню ростових параметрів рослин пшениці, підвищенню вмісту доступного фосфору в ґрунті та активності фосфатів.

PGPB, які є основою біодобрив, впливають на регуляцію механізму толерантності зернових культур до абіотичних стресів, забезпечують необхідними мінеральними поживними речовинами та підвищують їх адаптивність і продуктивність в умовах посухи, стимулюючи антиоксидантну систему захисту та фотосинтетичну активність [23]. Утворення біоплівки для стійкості до абіотичних

стресів (перезволоження, холодного стресу та інших) є однією з важливих особливостей бактерій, що дозволяє бактеріальним спільнотам виживати та продукувати свої метаболіти за стресових умов. Zubair et al. (2019) встановили, що інокуляція пшениці холодостійкими штамами бактерій роду *Bacillus* сприяла індукції стресової реакції у рослин, що зазнали холодного стресу, через регулювання шляхів абсцизової кислоти, перекисного окислення ліпідів та накопичення проліну [24].

Зокрема, J. Dobrzyński та ін. (2025) дослідили вплив консорціуму PGPB, а саме *Pseudomonas* sp. G31 та *Azotobacter* sp. PBC2 (P1A), на ґрунтову бактеріальну спільноту пшениці в польових умовах. Порівняно з контролем встановлено значне збільшення вмісту нітратів та доступного фосфору у ризосфері впродовж вегетації, продуктивності рослин. Метатаксономічне дослідження показало, що використаний консорціум не мав суттєвого впливу на різноманітність місцевих ґрунтових бактерій, однак, через 3 тижні після застосування, P1A збільшив відносну чисельність *Nitrospira*, що могло вплинути на збільшення нітратів у ризосфері [25].

За використання біодобрив на основі *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. mucilaginosus* в агроценозі пшениці озимої підвищився вміст доступного фосфору та калію в ґрунті, збільшилась висота рослин, кількість зерен у колосі, врожайність культури. Результати аналізу PCoA показали, що склад мікробної спільноти більше корелював з різним періодом росту пшениці. Важливими чинниками, що

вплинули на структуру мікробної спільноти ґрунту були також рН, вміст Нітрогену, доступних фосфору, калію та органічної речовини [11]. Екзополісахариди (EPS) *Bacillus* spp. сприяють агрегації ґрунту, покращують процеси поглинання води та поживних речовин [26].

Висновки. Застосування біодобрих Граундфікс® та Азотохелп® на основі бактерій з поліфункціональними властивостями, внесених під передпосівну культивування, позитивно вплинуло на спрямованість мікробіологічних процесів, розвиток еколого-трофічних груп мікроорганізмів, а в подальшому на продуктивність культури.

Процеси мінералізації-іммобілізації інтенсивніше відбуваються за дії активних штамів целюлозоруйнівних мікроорганізмів, кількість яких у варіантах з біодобривами зросла в 1,4–1,7 рази порівняно з контролем.

Встановлено адитивну та синергічну дію за сумісного використання біодобрих Граундфіксу® 1,5 л/га + Азотохелпу® 1,5 л/га під передпосівну культивування, порівняно з окремим внесенням біопрепаратів у нормі 3 л/га, що обумовило врівноваження процесів мінералізації та іммобілізації у фазах цвітіння та дозрівання насіння, збільшення загальної кількості мікроорганізмів, чисельності бактерій роду *Azotobacter*, актиноміцетів, які є біоіндикаторами здоров'я ґрунту. Це забезпечило формування більш сприятливих умов для активного функціонування мікробіоти ризосфери пшениці озимої, збільшення доступних форм поживних речовин для рослин.

Навіть за екстремальних опадів у період вегетації 2021 р., метаболіти бактерій – складових біопрепаратів сприяли підвищенню біогенності ґрунту, опосередковано сприяли підвищенню стійкості рослин до несприятливих кліматичних умов, підвищенню продуктивності пшениці озимої в середньому в 1,2 рази порівняно з контролем.

Виявлено пролонговану позитивну дію за використання Граундфіксу® 1,5 л/га + Азотохелпу® 1,5 л/га у фазу ВВСН 87–89. Попри зменшення утворення кореневих ексудатів у цей період, спостерігали стабільну чисельність азотфіксаторів, педотрофів, мікроорганізмів, які використовують сполуки органічного Нітрогену, споруутворювальних бактерій, що приводить до уповільнення біологічної виснаженості ґрунту після збирання врожаю, формування органо-мінерального балансу, створює передумови для кращої структури ґрунту та ефективної деструкції післяжнивних решток.

Перспективи. У сталому вирощуванні пшениці важливу роль відіграє склад мікробних ґрунтових консорціумів, еколого-трофічних груп бактерій, дослідження яких сприятиме більш ефективному вирощуванню зернових культур. Застосування поліфункціональних біодобрих Граундфіксу® та Азотохелпу®, здатних активізувати ґрунтову мікробіоту, а також всі біологічні процеси, що проходять у ґрунті, впливають на продуктивність в агроценозах пшениці озимої, є перспективним як елемент біологізації систем землеробства в умовах Західного Лісостепу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Rai N., Rai S.P., Sarma B.K. Prospects for abiotic stress tolerance in crops utilising phyto- and bio-stimulants. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 5. 754853 p. DOI: 10.3389/fsufs.2021.754853.
2. Fadji A.E., Babalola O.O., Santoyo G., Perazzolli M. The potential role of microbial biostimulants in the amelioration of climate-change-associated abiotic stresses on crops. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 12. 829099 p. DOI: 10.3389/fmicb.2021.829099.
3. Kumar S., Satyavir D., Sindhu S., Kumar R. Biofertilizers: an eco-friendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*. 2021. Vol. 3. 100094 p. DOI: 10.1016/j.crmicr.2021.100094.
4. Bacterial biostimulants for climate-smart agriculture practices: mode of action, effect on plant growth and roadmap for commercial products / R. Singh et al. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*. 2024. Vol. 3. 12085 p. DOI: 10.1002/sae2.12085.
5. Comprehensive review of microbial inoculants: agricultural applications, technology trends in patents, and regulatory frameworks / G.A. dos Reis et al. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. Issue 19. 8720 p. DOI: 10.3390/su16198720.
6. Designing synergistic biostimulant formulations containing autochthonous phosphate-solubilising bacteria for sustainable wheat production / M. Yahya et al. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. 889073 p. DOI: 10.3389/fmicb.2022.889073.
7. The role of biologicals Azotohelp®, Liposam®, and Organic-Balance® as mitigators of abiotic stress in maize plants / V. Bolokhovskiy et al. *Sustainable Soil and Water Management Practices for Agricultural Security*. IGI Global, 2024. P. 493–524. DOI: 10.4018/979-8-3693-8307-0.ch018.
8. Microbial inoculants in sustainable agriculture: advances, challenges, and future directions / A.M. Díaz-Rodríguez et al. *Plants*. 2025. Vol. 14. Issue 2. 191 p. DOI: 10.3390/plants14020191.
9. Yakovenko D.O., Boroday V.V., Bolokhovska V.A. Directionality of microbiological processes in the rhizosphere of winter wheat under the influence of biological products Azotohelp® and Groundfix®.

Modern Agronomy Trends: Innovation, Sustainable Development and the Future of Agriculture: monograph. Riga: Baltija Publishing, 2025. P. 434–458. DOI: 10.30525/978-9934-26-588-4-18.

10. Effects of seed-applied biofertilizers on rhizosphere biodiversity and growth of common wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field / C. Dal Cortivo et al. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. 72 p. DOI: 10.3389/fpls.2020.00072.

11. Effects of compound microbial fertilizer on soil characteristics and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) / W. Yang et al. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. Vol. 20. P. 2740–2748. DOI: 10.1007/s42729-020-00340-9.

12. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Івашук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Укр. технології», 2010. 1088 с.

13. Виробництво насіння пшениці озимої та ярої: методичні рекомендації / за ред. А.А. Сіроштаня, В.П. Кавунця. Миронівка, 2021. 49 с.

14. ДСТУ 7847:2015. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище. [Чинний від 2016.07.01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 15 с.

15. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон та ін. Київ: Аграрна наука, 2010. 463 с.

16. Біологічні фактори оптимізації систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні / В.В. Волкогон та ін. *Вісник сільськогосподарської науки*. 2021. Т. 99. Вип. 11. С. 33–41. DOI: 10.31073/agrovisnyk202111-04.

17. Токмакова Л., Трепач А. Мікробіологічна деструкція органічної речовини в агроценозах. *Вісник аграрної науки*. 2022. Т. 100. № 2. С. 19–26. DOI: 10.31073/agrovisnyk202202-03.

18. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андрук та ін. Київ: Обереги, 2001. 239 с.

19. Biostimulant activity of *Azotobacter chroococcum* and *Trichoderma harzianum* in durum wheat under water and nitrogen deficiency / S. Silletti et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Issue 2. 380 p. DOI: 10.3390/agronomy11020380.

20. Microbial consortium with nitrogen-fixing and mineral-solubilising attributes for growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) / T. Kaur et al. *Heliyon*. 2022. Vol. 8. Issue 4. e09326. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09326.

21. Use of biostimulants to improve drought tolerance in cereals / M. Anli et al. *Sustainable Remedies for Abiotic Stress in Cereals*. Singapore: Springer, 2022. DOI: 10.1007/978-981-19-5121-3_20.

22. Kozar F. Diazotroph activity regulating strategy under their introduction in agrocenosis. *Agricultural Microbiology*. 2021. Vol. 33. P. 33–43. DOI: 10.35868/1997-3004.33.33-43.

23. Tiwari S., Prasad V., Chauhan P.S., Lata C. *Bacillus amyloliquefaciens* confers tolerance to

various abiotic stresses and modulates plant response to phytohormones through osmoprotection and gene expression regulation in rice. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. 1510 p. DOI: 10.3389/fpls.2017.01510.

24. Genetic screening and expression analysis of psychrophilic *Bacillus* spp. reveal their potential to alleviate cold stress and modulate phytohormones in wheat / M. Zubair et al. *Microorganisms*. 2019. Vol. 7. Issue 9. 337 p. DOI: 10.3390/microorganisms7090337.

25. Dobrzyński J., Kulkova I., Jakubowska Z., Wróbel B. Non-native PGPB consortium consisting of *Pseudomonas* sp. G31 and *Azotobacter* sp. PBC2 promoted winter wheat growth and slightly altered the native bacterial community. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. 3428 p. DOI: 10.1038/s41598-025-86820-3.

26. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification / M.C. Hunter et al. *BioScience*. 2017. Vol. 67. Issue 4. P. 386–391. DOI: 10.1093/biosci/bix010.

REFERENCES

1. Rai, N., Rai, S.P., Sarma, B.K. (2021). Prospects for abiotic stress tolerance in crops utilising phyto- and bio-stimulants. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 5, 754853 p. DOI: 10.3389/fsufs.2021.754853.

2. Fadiji, A.E., Babalola, O.O., Santoyo, G., Perazzolli, M. (2022). The potential role of microbial biostimulants in the amelioration of climate-change-associated abiotic stresses on crops. *Frontiers in Microbiology*. Vol. 12, 829099 p. DOI: 10.3389/fmicb.2021.829099.

3. Kumar, S., Satyavir, D., Sindhu, S., Kumar, R. (2021). Biofertilizers: An eco-friendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*. Vol. 3, 100094 p. DOI: 10.1016/j.crmicr.2021.100094.

4. Singh, R., Kaur, S., Bhullar, S.S., Singh, H., Sharma, L.K. (2024). Bacterial biostimulants for climate-smart agriculture practices: Mode of action, effect on plant growth and roadmap for commercial products. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*. Vol. 3, 12085 p. DOI: 10.1002/sae2.12085.

5. dos Reis, G.A., Martínez-Burgos, W.J., Pozzan, R. (2024). Comprehensive review of microbial inoculants: Agricultural applications, technology trends in patents, and regulatory frameworks. *Sustainability*. Vol. 16, Issue 19, 8720 p. DOI: 10.3390/su16198720.

6. Yahya, M., Rasul, M., Sarwar, Y. (2022). Designing synergistic biostimulant formulations containing autochthonous phosphate-solubilising bacteria for sustainable wheat production. *Frontiers in Microbiology*. Vol. 13, 889073 p. DOI: 10.3389/fmicb.2022.889073.

7. Bolokhovskiy, V., Nagorna, O., Bolokhovska, V., Yakovenko, D., Boroday, V., Zelena, L., Likhanov, A., Bukhonska, Y. (2024). The role of

biologicals Azotohelp®, Liposam®, and Organic-Balance® as mitigators of abiotic stress in maize plants. Sustainable Soil and Water Management Practices for Agricultural Security. IGI Global. pp. 493–524. DOI: 10.4018/979-8-3693-8307-0.ch018.

8. Díaz-Rodríguez, A.M., Parra Cota, F.I., Cira Chávez, L.A. (2025). Microbial inoculants in sustainable agriculture: Advances, challenges, and future directions. Plants. Vol. 14, Issue 2, pp. 191. DOI: 10.3390/plants14020191.

9. Yakovenko, D.O., Boroday, V.V., Bolokhovska, V.A. (2025). Directionality of microbiological processes in the rhizosphere of winter wheat under the influence of biological products Azotohelp® and Groundfix®. In Modern Agronomy Trends: Innovation, Sustainable Development and the Future of Agriculture. Riga, Baltija Publishing, pp. 434–458. DOI: 10.30525/978-9934-26-588-4-18.

10. Dal Cortivo, C., Ferrari, M., Visioli, G. (2020). Effects of seed-applied biofertilizers on rhizosphere biodiversity and growth of common wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. Frontiers in Plant Science. Vol. 11, 72 p. DOI: 10.3389/fpls.2020.00072.

11. Yang, W., Gong, T., Wang, J. (2020). Effects of compound microbial fertilizer on soil characteristics and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Soil Science and Plant Nutrition. Vol. 20, pp. 2740–2748. DOI: 10.1007/s42729-020-00340-9.

12. Lykhochvor, V.V., Petrychenko, V.F., Ivashchuk, P.V., Kornichuk, O.V. (2010). Roslynnytstvo: tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur [Crop production: Technologies of cultivation of agricultural crops]. Lviv, Ukrainian technologies, 1088 p.

13. Siroshstan, A.A., Kavunets, V.P. (2021). Vyrobnytstvo nasinnia pshenytsi ozymoi ta yaroї: metodychni rekomendatsii [Production of winter and spring wheat seed]. Myronivka, 49 p.

14. DSTU 7847:2015 (2015). Yakist grunty. Vyznachennia chyselnosti mikroorhanizmiv u gruntі metodom posivu na tverde (aharyzovane) zhyvylne sere-dovyshe [Soil quality. Determination of number of microorganisms in soil by agar plate method]. Chynnyi vid 2016.07.01. [Effective from 2016.07.01]. Kyiv, DP «UkrNDNTs», 15 p.

15. Volkogon, V.V., Potapenko, L.V., Dimova, S.B. (2010). Eksperymentalna gruntova mikrobiologhiia [Experimental soil microbiology]. Kyiv, Agricultural science, 463 p.

16. Volkogon, V.V., Potapenko, L.V., Dimova, S.B., Volkogon, K.I., Khalep, Yu.M. (2021). Biologichni factory optymizatsii system udobrennia silskohospodarskykh kultur u sivozmini [Biological factors of optimization of fertilization systems of crops in crop rotation]. Visnyk silskohospodarskoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. Vol. 99, Issue 11, pp. 33–41. DOI: 10.31073/agrovisnyk202111-04.

17. Tokmakova, L., Trepach, A. (2022). Mikrobiologichna destruktsiia orhanichnoi rehovyny v ahrotsenozakh [Microbiological destruction of organic matter in agrocenoses]. Visnyk ahrarynoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. Vol. 100, Issue 2, pp. 19–26. DOI: 10.31073/agrovisnyk202202-03.

18. Andreiuk, K.I., Iutynska, H.O., Antypchuk, A.F. (2001). Funktsionuvannia mikrobykh tsenoziv grunty v umovakh antropohennoho navantazhennia [Functioning of microbial communities of soil under anthropogenic pressure]. Kyiv, Oberehy, 239 p.

19. Silletti, S., Di Stasio, E., Van Oosten, M.J. (2021). Biostimulant activity of *Azotobacter chroococcum* and *Trichoderma harzianum* in durum wheat under water and nitrogen deficiency. Agronomy. Vol. 11, Issue 2, 380 p. DOI: 10.3390/agronomy11020380.

20. Kaur, T., Devi, R., Kumar, S. (2022). Microbial consortium with nitrogen-fixing and mineral-solubilising attributes for growth of barley (*Hordeum vulgare* L.). Heliyon. Vol. 8, Issue 4, e09326. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09326.

21. Anli, M. (2022). Use of biostimulants to improve drought tolerance in cereals. Sustainable Remedies for Abiotic Stress in Cereals. Springer, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-19-5121-3_20.

22. Kozar, F. (2021). Diazotroph activity regulating strategy under their introduction in agrocenosis. Agricultural Microbiology. Vol. 33, pp. 33–43. DOI: 10.35868/1997-3004.33.33-43.

23. Tiwari, S., Prasad, V., Chauhan, P.S., Lata, C. (2017). *Bacillus amyloliquefaciens* confers tolerance to various abiotic stresses and modulates plant response to phytohormones through osmoprotection and gene expression regulation in rice. Frontiers in Plant Science. Vol. 8, 1510 p. DOI: 10.3389/fpls.2017.01510.

24. Zubair, M., Hanif, A., Farzand, A. (2019). Genetic screening and expression analysis of psychrophilic *Bacillus* spp. reveal their potential to alleviate cold stress and modulate phytohormones in wheat. Microorganisms. Vol. 7, Issue 9, 337 p. DOI: 10.3390/microorganisms7090337.

25. Dobrzyński, J., Kulkova, I., Jakubowska, Z., Wróbel, B. (2025). Non-native PGPB consortium consisting of *Pseudomonas* sp. G31 and *Azotobacter* sp. PBC2 promoted winter wheat growth and slightly altered the native bacterial community. Scientific Reports. Vol. 15, 3428 p. DOI: 10.1038/s41598-025-86820-3.

26. Hunter, M.C., Smith, R.G., Schipanski, M.E., Atwood, L.W., Mortensen, D.A. (2017). Agriculture in 2050: Recalibrating targets for sustainable intensification. BioScience. Vol. 67, Issue 4, pp. 386–391. DOI: 10.1093/biosci/bix010.

The effect of Azotohelp® and Groundfix® biofertilizers on the formation of microbial communities in the rhizosphere of winter wheat

Yakovenko D., Boroday V.

Recently, there has been growing interest worldwide in the use of biological multifunctional preparations for plant nutrition (biofertilizers), which have a direct and indirect impact on soil fertility and play an active role in regulating the stability and productivity of grain crops in the context of climate change. During 2021–2022, the effectiveness of applying Azotohelp® and Groundfix® biofertilizers (biotechnology company BTU, Ukraine) on the dynamics of

microbial communities in the rhizosphere of winter wheat during pre-sowing cultivation.

A significant influence of Groundfix and Azotohelp biofertilizers on the structure of ecological and trophic groups, functional orientation of the microbial community of the rhizosphere of winter wheat, and subsequently on crop productivity. In particular, the ratio of nitrifiers to ammonifiers during the flowering phase in the variants with Groundfix (3 l/t) and Azotohelp (3 l/t) was 0.58 and 0.92, respectively, compared to the control (0.49). Under unfavorable conditions of crop vegetation in 2020–2021, the use of biofertilizers contributed to the balance of processes and a stable level of available nutrients.

The combined application of Groundfix® 1.5 l/ha + Azotohelp® 1.5 l/ha in 2022 during the flowering phase stimulated the development of microorganisms that use mineral forms of nitrogen and heterotrophic microorganisms that use organic nitrogen, their number was 3.8 and 5.8 times higher, respectively, compared to the control variant. Also, the content of bacteria of the genus *Azotobacter* increased 3 times

compared to the control (16.6 vs. 5.4 CFU/g of dry soil, respectively). At the same time, during the grain ripening phase, the number of these groups was at the control level, indicating a balance between mineralization and humification processes, microbiome development in the absence of excessive activation of destructive processes. The average yield increase over two years compared to the control was 0.58–0.94 t/ha.

A prolonged positive effect was observed when using Groundfix® 1.5 l/ha + Azotohelp® 1.5 l/ha in the BBCH 87-89 phase. Despite a decrease in root exudate formation during this period, a stable number of nitrogen fixers, pedotrophs, microorganisms that use organic nitrogen compounds, and spore-forming bacteria were observed, which leads to a slowdown in biological soil depletion after harvesting, formation of organic-mineral balance, and creates conditions for better soil structure and effective destruction of post-harvest residues.

Key words: *Triticum aestivum* L., ecological-trophic groups of microorganisms, plant rhizosphere, multifunctional biofertilizers.



Copyright: Яковенко Д.О., Бородай В.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Яковенко Д.О.

Бородай В.В.

<https://orcid.org/0000-0008-8239-7684>

<https://orcid.org/0000-0002-8787-8646>

АГРОНОМІЯ

УДК: 633:11:631.53.04

Вплив комплексного застосування органічних добрив та біопрепаратів на формування продуктивності картоплі в умовах Південного Полісся України**Ямковий В.Ю.** , **Подберезко І.М.** , **Томаш А.І.** *Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України*

Ямковий В.Ю., Подберезко І.М., Томаш А.І. Вплив комплексного застосування органічних добрив та біопрепаратів на формування продуктивності картоплі в умовах Південного Полісся України. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 258–267.

Yamkovyi V., Podberezko I., Tomach A. The impact of the combined use of organic fertilizers and biological products on potato productivity in the southern Polissia region of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 258–267.

Рукопис отримано: 01.08.2025 р.

Прийнято: 18.08.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-258-267

Висвітлено результати трирічних досліджень (2021–2023 рр.), що були проведені в Інституті картоплярства НААН України, з вивчення впливу комплексного застосування органічних добрив та різних біологічних препаратів на ріст, розвиток і формування урожайності рослин картоплі.

Встановлено, що за три роки досліджень, такі показники як висота рослин, кількість стебел на одну рослину, густина стеблостою на 1 гектарі та площа листової поверхні в умовах 2021–2023 рр. зростали за комплексного застосування органічних добрив з біопрепаратами. Найменші значення вказаних показників відмічено у контрольному варіанті, а найвищі відповідно, у варіантах 5, 6 та 7, де на фоні сидератів додатково вносили 40 т/га гною і проводили обробку посівів картоплі біопрепаратами фунгіцидної дії спільно з мікробіологічним препаратом «Райс Пі».

Рівні врожайності у роки проведення досліджень були високими, зокрема умови 2022 року були більш сприятливими в порівнянні із 2021 та 2023 роками. Також необхідно зазначити, і, що найнижчі значення урожайності бульб відмічено в контрольному варіанті, а найвищі (36,8 і 36,7 т/га) у варіантах 6 та 7, де на фоні сидератів вносили гній і застосовували сумісне внесення біопрепаратів («МікоХелп» + «Райс Пі») та («Бактофіт» + «Райс Пі») впродовж вегетації.

У результаті досліджень встановлено кореляційну залежність урожайності картоплі від окремих біометричних показників. За визначеними математичними моделями були побудовані графіки кореляційних залежностей, які дають змогу прогнозувати рівень урожайності культури від зміни біометричних показників. Установлено, що для картоплі найвагомішими біометричними показниками за формування продуктивності є кількість стебел на одну рослину та густина стеблостою. Частка впливу цих показників на формування врожайності становить 90–92 %.

Ключові слова: картопля, бульби, сорт, біопрепарати, урожайність, висота рослин, листової поверхні, кореляційно-регресійний аналіз.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Картопля – одна з основних сільськогосподарських культур. Важливе значення в світовому землеробстві картопля має завдяки її різноманітному використанню. Вона є одночасно продовольчою, кормовою і технічною культурою. Картоплю вирощують у більшості країн світу. Загальна світова по-

сівна площа картоплі перевищує 16 млн га. За валовим збором наша країна впевнено займає третє місце в світі, проте урожайність культури залишається на відносно низькому рівні – 14–15 т/га [1].

Головними причинами отримання низького врожаю картоплі є недотримання агро-техніки та великі втрати від шкідливих ор-

ганізмів, що становить 30–40 % і більше, тому розробка ефективної, науково обґрунтованої системи захисту посівів за сучасних технологій вирощування виходить на перше місце [2].

Вирішення проблеми збільшення виробництва високоякісної овочевої продукції за умови збереження екологічного стану довкілля та підвищення рівня родючості ґрунтів залишається ключовим завданням для сільського господарства України, особливо у сучасних умовах зміни клімату [3].

Останніми роками гостро постало питання застосування аграріями екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Як результат, біопрепарати на основі агрономічно корисних мікроорганізмів користуються все більшою популярністю. Разом з органічними добривами вони відіграють важливу роль у збільшенні врожайності сільськогосподарських культур та родючості ґрунту [4].

Дані різних дослідників вказують, що застосування біопрепаратів в насадженнях картоплі позитивно впливає на ріст і розвиток рослин [5], підвищує їх стійкість до хвороб і шкідників [6], збільшує урожайність [7] та поліпшує якість бульб [8].

Зокрема, за даними В.В. Бородай, А.І. Парфенюк [9] обробка бульб біопрепаратами Планриз, Діазофит і Фосфоентерин перед садінням, а також рослин у фазу бутонізації і цвітіння істотно знижувала загальне ураження бульб картоплі збудниками хвороб. Із застосуванням перелічених вище біопрепаратів підвищувалася якість посадкового матеріалу.

В умовах зони Лісостепу, за дослідженнями О.І. Борзих, Г.М. Ткаленко, В.Г. Сергієнко [10] встановлено, що на сорті Альвара за обробки рослин впродовж вегетації біопрепаратом Фітоцид урожайність картоплі була істотно вищою порівняно із контрольним варіантом, на 6,7 т/га або 18,1 %.

За результатами досліджень Н.М. Плотницької, О.М. Невмержицької та ін., проведених в зоні Лісостепу [11], використання біопрепаратів підвищувало урожайність картоплі на 2,2–3,1 т/га, а вміст крохмалю в бульбах – на 0,2–0,7 %, порівняно з контролем.

На думку І.К. Курдиш [12], правильне застосування біопрепаратів на основі різного роду бактерій, дозволяє зменшити хімічне навантаження на екосистеми, підвищити урожайність та покращити якість сільськогосподарської продукції.

Водночас ефективним і швидкодіючим чинником підвищення продуктивності карто-

плі є добрива. За даними Л.В. Потапенка [13], на частку добрив, за оптимальних умов, припадає до 50 % загального приросту врожаю картоплі.

Незалежно від ґрунтово-кліматичних умов та зон вирощування, картопля вибаглива до наявності поживних речовин в ґрунті. Тому, внесення добрив під цю культуру є необхідною умовою одержання високого й якісного врожаю [14, 15]. Одним з найбільш ефективних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах для насаджень картоплі є гній.

Ю.В. Федорук, М.Я. Молоцький [16] рекомендують середні норми гною під картоплю на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах Полісся – 50–60 т/га, в районах стійкого зволоження Лісостепу – 40–50 т/га, недостатнього зволоження – 20–25 т/га.

За даними В.М. Фурман та ін. [17], в умовах Західного Полісся найбільший приріст урожаю бульб було отримано від внесення гною в нормі 60 т/га – 5,6 т/га, а також від приорювання сидерату – 4,1 т/га.

За науковими дослідженнями І.Г. Грабар, Б.В. Матвійчук та Н.Г. Матвійчук [18], проведеними на ясно-сірому лісовому ґрунті в зоні Полісся було встановлено, що внесення гною в нормі 50 т/га під картоплю забезпечувало значне зростання урожайності бульб (+8,5 т/га) порівняно із біологічним контролем.

Позитивний вплив органічних добрив на врожайність картоплі підтверджено в роботах інших учених, таких як С.А. Лященко, Т.М. Олійник, Н.А. Захарчук [19], В. Дячук, І. Поліщук [20], Г.С. Балашова, В.І. Нетіс, С.М. Юзюк, Б.С. Котов, О.О. Юзюк [21], В.О. Поліщук, С.В. Журавель та ін. [22, 23].

З огляду на зазначене вище, ефективність виробництва картоплі значною мірою залежить від застосування як добрив так і біопрепаратів. Однак на сьогодні досліджень із вивчення впливу комплексного застосування органічних добрив та біопрепаратів на формування продуктивності картоплі проведено недостатньо.

Мега дослідження – дослідити вплив комплексного застосування біопрепаратів та органічних добрив на ріст, розвиток та врожайність картоплі за біологізованої технології вирощування в умовах Південного Полісся України.

Матеріал і методи дослідження. Наукові дослідження проводили в стаціонарному польовому досліді Інституту картоплярства НААН у 2021–2023 рр. на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті.

Орний шар ґрунту дослідних ділянок характеризується такими показниками: вміст гумусу – 1,4 %, азоту легкогідролізованого – 98, рухомого фосфору – 72, обмінного калію – 100 мг/кг, кальцію і магнію відповідно 4,4 та 0,5 мг/100 г ґрунту; гідролітична кислотність Нг-1,97 мг-екв/100 г; рН – 5,2.

Досліди закладені в короткоротаційній сівозміні гірчиця біла на сидерат – картопля – жито озиме + післяжнивний посів сидератів – овес + післяжнивний посів сидератів. Дослідження проводили на сорті Мирослава. Перед висаджуванням картоплі на фоні загорнутих в ґрунт сидератів (20 т/га) вносили гній із розрахунку 40 т/га. Картоплю на дослідних ділянках садили вручну. Після цього провели міжрядний обробіток з формуванням гребенів та три міжрядних обробки з підгортанням рослин. Від колорадського жука на всіх варіантах дослідів посіви обробляли біоінсектицидом Колорадоцид, 2,5 кг/га.

Розмір дослідної ділянки – 60 м², облікової – 36 м², повторність дослідів чотириразова.

Дослідження проводили за такою схемою:

1. Контроль, сидерат – 20 т/га (Фон).
2. Фон + 3-разова обробка по вегетації «Фітодоктор» 2,0 кг/га.
3. Фон + 3-разова обробка по вегетації «МікоХелп» 1,5 кг/га.
4. Фон + 3-разова обробка по вегетації «Бактофіт» 3,5 кг/га.
5. Фон + гній 40 т/га + 3-разова обробка по вегетації «Фітодоктор» 2,0 кг/га + «Райс Пі» 0,2 кг/га.
6. Фон + гній 40 т/га + 3-разова обробка по вегетації «МікоХелп» 1,5 кг/га + «Райс Пі» 0,2 кг/га.
7. Фон + гній 40 т/га + 3-разова обробка по вегетації «Бактофіт» 3,5 кг/га + «Райс Пі» 0,2 кг/га.

Колорадоцид – інсектицид, який використовують для захисту лісових, лікарських та сільськогосподарських культур від шкідників: колорадського жука, павутинного кліща, гусениці капустяної совки, вогнівки, листокруток, лугового метелика та інших. Склад: спори культури *Bacillus thuringiensis* та продукти її метаболізму; інертні наповнювачі, які забезпечують збереження, змочування та стабільність. Титр не менше 1х10⁹ КУО/мл.

Бактофіт – біологічний фунгіцид контактної дії. Має захисний і лікувальний ефект. Склад: *Bacillus subtilis* штам ПМ 215 БА-10000 ЕД/г, титр не менше 2 млрд спор/г, *Azotobacter croocum*, *Azospirillum brasilense*,

Bacillus megatherium, *Trichoderma* sp., біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів.

Фітодоктор – екологічно чистий препарат пролонгованої дії для профілактики та лікування сільськогосподарських рослин від комплексу хвороб, що зумовлюють гриби та бактерії. Основою препарату є природна, виділена з ґрунту жива спорова бактерія *Bacillus subtilis*, яка продуктами своєї життєдіяльності пригнічує розмноження та розвиток багатьох фітопатогенних грибів і бактерій, сприяє підвищенню імунітету рослин та стимулює їх ріст.

МікоХелп – біофунгіцид (багатофункціональний, багатокомпонентний мікробний препарат). Склад: сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma* (*T. viride*, *T. lignorum*), живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, біологічно активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів. Забезпечує лікувальний ефект та профілактику грибних захворювань.

Райс Пі – ефективний пробіотик для кореневої системи. Склад: бактерії *Bacillus amyloliquefaciens* штаму IT45 – не менше 1х10⁹ КУО/г на дріжджовій витяжці LYCC. Бактерії, що входять до складу Райс Пі стимулюють ріст кореневої системи, забезпечують рослини легкодоступними формами фосфору, а також захищають кореневу систему від широкого спектру хвороб.

Під час досліджень проводили обліки, спостереження та аналізи – згідно з методичними рекомендаціями щодо проведення досліджень із картоплею [24, 25, 26]. Кількість стебел на 1 рослину відмічали у фазу цвітіння. Облік кількості стебел проводили за допомогою суцільного підрахунку кількості стебел на обліковій частині ділянки. Під час обліку густоти насаджень підраховували кількість стебел в тисячах штук на гектарну площу. Площу листової поверхні в розрахунку на гектар посіву визначали методом висічок. Облік урожаю та структуру врожаю проводили ваговим методом поділяночно. Результати дослідів були оброблені статистичними методами (дисперсійний, регресійний та кореляційний) на комп'ютері з використанням програми Microsoft Excel.

Результати дослідження та обговорення. Вплив комплексного застосування біопрепаратів та органічних добрив на індивідуальну продуктивність рослин картоплі наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вплив органічних добрив та біопрепаратів на індивідуальну продуктивність рослин картоплі сорту Мирослава (середнє за 2021–2023 рр.)

№	Зміст варіантів	Висота рослин, см	Густота стеблостою, тис. шт./га	Кількість стебел на 1 рослину, шт.	Площа листової поверхні, тис. м ² /га
1	Контроль, сидерат (Фон)	55,0	200	3,7	21,9
2	Фон + «Фітодоктор»	58,3	222	4,1	24,7
3	Фон + «МікоХелп»	58,9	228	4,2	26,6
4	Фон + «Бактофіт»	60,2	234	4,3	25,9
5	Фон + гній + «Фітодоктор» + «Райс Пі»	68,9	245	4,4	28,4
6	Фон + гній + «МікоХелп» + «Райс Пі»	69,2	254	4,5	27,8
7	Фон + гній + «Бактофіт» + «Райс Пі»	66,9	246	4,4	27,2
НІР ₀₅		3,2	22	1,0	2,5

Зокрема, висота рослин середньостиглого сорту картоплі Мирослава в середньому за 2021–2023 рр. становила в межах від 55,0 до 69,2 см. Найменша висота рослин спостерігалась на контрольному варіанті – 55,0 см, а застосування біопрепаратів «Фітодоктор», «МікоХелп» та «Бактофіт» на фоні сидеральних добрив приводило до зростання висоти рослин на 3,3; 3,9, та 5,2 см, відповідно.

Додаткове внесення гною у варіантах 5, 6 і 7 на фоні сидератів та комбіноване застосування біопрепаратів сприяло формуванню найбільшої висоти рослин. Порівняно з контролем висота рослин картоплі у цих варіантах була більшою на 11,9–14,2 см.

Важливими показниками формування врожаю бульб картоплі є кількість стебел на одну рослину та густота стеблостою. Густота стеблостою в середньому за роки досліджень становила 200–254 тис. шт./га. Найменше значення цього показника 200 тис. шт./га спостерігалось на контрольному варіанті. Застосування біопрепаратів на фоні сидератів (2, 3 та 4 варіанти) приводило до зростання цього показника на 22–34 тис. шт./га у порівнянні з контролем.

За даними Р. М'ялковського, П. Безвіконного, Ю. Потапського [27], підвищення рівня мінерального живлення картоплі сприяло зростанню кількості стебел, які формуються рослинами на 1 гектарі в середньому на 6,6–7,7 % в порівнянні із варіантами без внесення добрив.

Це підтвердилося і в наших дослідженнях. Покращення мінерального живлення рослин

картоплі завдяки внесенню гною та комплексу біопрепаратів на фоні сидератів сприяло зростанню цього показника на 45–54 тис. шт./га порівняно із контрольним варіантом.

Кількість стебел на одну рослину є сортовою особливістю, однак ця ознака може змінюватись під впливом органічних добрив та біопрепаратів. Найменші значення цього показника відмічено на контрольному варіанті – 3,7 шт., а застосування препаратів біологічного походження на фоні загортання в ґрунт сидерату сприяло зростанню показника в середньому на 0,4–0,6 шт. Слід зазначити, що у варіантах 5, 6 та 7, де на фоні сидератів вносили 40 т/га гною та застосовували сумісне внесення біопрепаратів, кількість стебел на одну рослину збільшувалася відповідно на 0,7–0,8 шт. в порівнянні до контрольного варіанта. Найвищим цей показник був у варіанті 6 (Фон + гній 40 т/га + «МікоХелп» + «Райс Пі») і становив відповідно 4,5 шт. стебел на одну рослину. Отже, кількість стебел на одній рослині становила в межах 3,7–4,5 шт., що вплинуло на кінцеву густоту стеблостою, яка коливалася в межах від 200 до 254 тис. шт./га.

Величина урожаю має пряму залежність від ефективності використання сонячної енергії рослинами. Найважливішою умовою її зростання є формування оптимальної площі асиміляційної поверхні та висока ефективність її функціонування [28–30].

Експериментальними дослідженнями встановлено, що площа листової поверхні рослин картоплі у фазу цвітіння знаходилась в межах від 21,9 до 28,4 тис. м²/га. Найменшим

цей показник був на контрольному варіанті і становив 21,9 тис. м²/га. Застосування біопрепаратів на фоні сидеральних добрив (2, 3 та 4-й варіант) приводило до зростання цього показника на 2,8–4,7 тис. м²/га, а на варіантах комплексного внесення біопрепаратів і гною на фоні сидератів (5, 6 та 7-й варіанти) – на 5,3–6,5 тис. м²/га, в порівнянні з контролем.

Урожайність картоплі є визначальним критерієм ефективності елементів технології вирощування рослин в польових умовах. Наші дослідження показали, що урожайність картоплі суттєво залежала від досліджуваних елементів технології вирощування та погодних умов року (табл. 2).

У розрізі досліджуваних років найбільш сприятливим був 2022 р., за умов якого урожайність рослин картоплі в середньому по досліді становила 35,6 т/га. Дещо меншу урожайність сформовано у 2021 р., а саме 33,8 т/га. Мінімальну урожайність (27,9 т/га) було зібрано у 2023 р.

Впровадження у технологію вирощування картоплі сумісного застосування біопре-

паратів та органічних добрив мало позитивний вплив на формування врожайності.

Зокрема, в середньому за досліджувані роки (2021–2023) врожайність сорту Мирослава залежно від варіантів коливалася від 20,0 до 36,8 т/га. Мінімальну врожайність картоплі було сформовано рослинами в контрольному варіанті (20,0 т/га), що пояснюється погіршенням фітосанітарного стану посівів та поживного режиму ґрунту.

Максимальну врожайність картоплі 36,8 та 36,7 т/га, або на 16,8–16,7 т/га більше порівняно з контролем отримали на варіантах 6 і 7, де вносили гній на фоні сидерату та застосовували сумісне обприскування посівів біопрепаратами «МікоХелп» + «Райс Пі» та «Бактофіт» + «Райс Пі».

Статистичний аналіз показав, що існує тісна кореляційна залежність урожайності картоплі від біометричних показників рослин. Параметри рівнянь функцій математичної моделі по показниках, які впливають на урожайність картоплі, наведено в таблиці 3.

Таблиця 2 – Вплив органічних добрив та біопрепаратів на урожайність бульб картоплі у роки досліджень, т/га

№	Зміст варіантів	Роки			Середнє, т/га	Приріст врожаю бульб, т/га
		2021	2022	2023		
1	Контроль, сидерат (Фон)	19,5	22,7	17,8	20,0	–
2	Фон + «Фітодоктор»	31,1	35,3	27,7	31,4	11,4
3	Фон + «МікоХелп»	34,2	36,7	28,2	33,0	13,0
4	Фон + «Бактофіт»	34,8	37,0	29,1	33,6	13,6
5	Фон + гній + «Фітодоктор» + «Райс Пі»	38,9	37,8	29,7	35,5	15,5
6	Фон + гній + «МікоХелп» + «Райс Пі»	40,4	39,2	30,8	36,8	16,8
7	Фон + гній + «Бактофіт» + «Райс Пі»	37,8	40,5	31,8	36,7	16,7
НІР ₀₅		1,2	2,6	1,1	2,7	-

Таблиця 3 – Математично-статистична модель урожайності картоплі

Показник	Рівняння парної регресії	Коефіцієнт парної кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, R ²
Висота рослин, см	$y=0,8134x-18,397$	0,80	0,64
Площа листової поверхні, тис. м ² /га	$y=2,4898x-32,483$	0,94	0,88
Кількість стебел на 1 рослину, шт.	$y=23,644x-67,89$	0,96	0,92
Густота стеблостою, тис. шт./га	$y=0,3036x-38,22$	0,95	0,90

За результатами наших досліджень встановлено високий кореляційний зв'язок між висотою рослин та урожайністю ($r=0,80$). Коефіцієнт детермінації становить $R^2=0,64$.

Крім того, встановлено дуже високої сили прямий кореляційний зв'язок між площею листкової поверхні та урожайністю бульб картоплі. Зокрема, коефіцієнт кореляції між зазначеними показниками становить $r=0,94$, а детермінації, відповідно, $R^2=0,88$. Тобто, чим більша буде площа листкової поверхні у рослин, тим вища сформується врожайність картоплі.

У результаті кореляційно-регресійного аналізу встановлено дуже високої сили кореляційний зв'язок між кількістю стебел

на одну рослину та урожайністю картоплі ($r=0,96$) з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,92$. Аналогічна залежність виявлена і між густотою стеблостою та урожайністю, зокрема коефіцієнт кореляції становив ($r=0,95$), детермінації ($R^2=0,90$). З огляду на це можна зробити висновок, що зростання кількості стебел на одну рослину, а також збільшення їх кількості на гектар сприяє підвищенню урожайності. Частка впливу цих показників на формування рівня врожайності є найвищою і становить 90–92 %.

Статистичним аналізом побудовані кореляційні лінійні моделі залежності між урожайністю й різними біометричними показниками (рис. 1, 2).

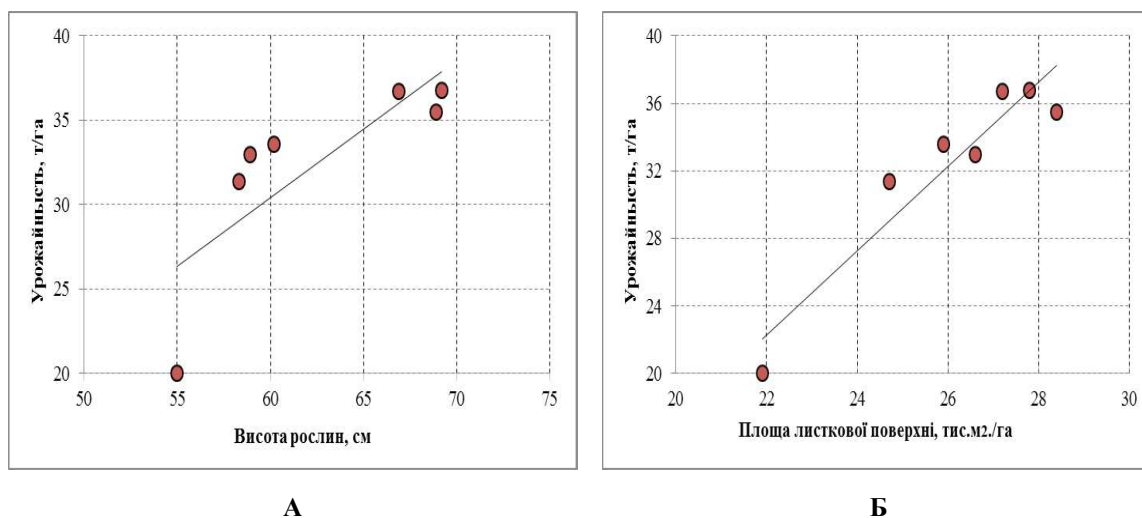


Рис. 1. Кореляційна залежність урожайності картоплі від висоти рослин (А) та площі листкової поверхні (Б).

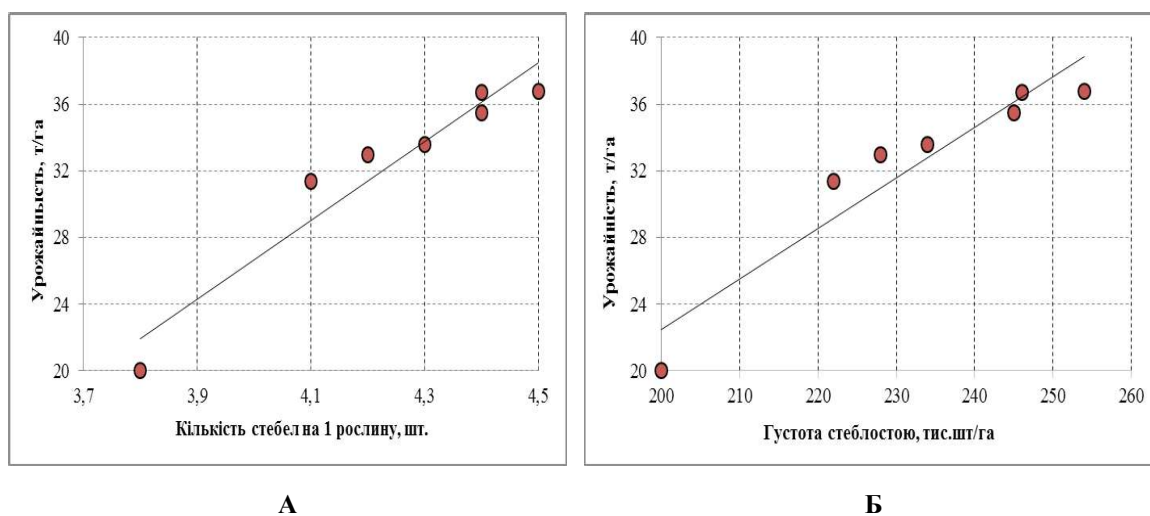


Рис. 2. Графіки кореляційної залежності урожайності картоплі від кількості стебел на 1 рослину (А) та густоти стеблостою (Б).

Отже, збільшення висоти рослин, площі листової поверхні, кількості стебел на 1 рослину та густоти стеблостою сприяє підвищенню урожайності. У варіантах комплексного застосування біопрепаратів з органічними добривами (5, 6 та 7-й варіанти) ці біометричні показники знаходяться в кращому співвідношенні, саме тому на цих варіантах рослини картоплі формували максимальну продуктивність.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що комплекс елементів технології вирощування картоплі – сидерат + гній + сумісне обприскування посівів біопрепаратами (5, 6 та 7-й варіанти) позитивно впливає на ростові процеси рослин картоплі та зростання їх врожайності.

Зокрема, висота рослин на цих варіантах збільшувалася на 11,9–14,2 см, площа листової поверхні – на 5,3–6,5 тис. м²/га, кількість стебел у кущі – на 0,6–0,8 шт., а кількість стебел на гектар зростала – на 45,0–54,0 тис. шт./га порівняно з контрольним варіантом.

Аналіз урожайності картоплі показує, що в середньому за роки досліджень отримано істотні прирости на всіх варіантах досліду. Найвищу урожайність картоплі отримано на варіантах досліду де на фоні сидерату вносили гній та застосовували сумісне внесення біопрепаратів Райс Пі» + «МікоХелп» (варіант 6) та «Райс Пі» + «Бактофіт» (варіант 7). У цих варіантах вона становила 36,8 та 36,7 т/га, що на 16,8 та 16,7 т/га більше відносно контролю.

Під час кореляційного аналізу залежності продуктивності картоплі від впливу біометричних показників було встановлено, що на формування урожайності передусім впливає кількість стебел на одну рослину та густота стеблостою (прослідковується дуже високої сили кореляційний зв'язок, за якого коефіцієнти кореляції становлять 0,96 та 0,95 відповідно). Меншою мірою на приріст урожайності мають показники площі листової поверхні та висоти рослин (коефіцієнти кореляції 0,94 і 0,80 відповідно).

Перспективою подальших досліджень є вивчення післядії органічних добрив на зміну агрохімічних показників дерново-підзолистого ґрунту та формування продуктивності сівозмінних культур за органічного вирощування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Федосій І.О., Комар О.О., Фурдига М.М., Захарчук Н.А. Картоплярство: навч. посіб. Київ: ФОП Ямчинський, 2022. 382 с.

2. Інтегрований захист картоплі від хвороб, шкідників і бур'янів: навч. посіб. / В.М. Положенець та ін. Житомир: ПП «Рута», 2024. 428 с.

3. Анішин Л.А. Вплив біостимуляторів на урожай і якість картоплі. Картопляр. 2002. № 1. С. 4–5.

4. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Ковалевська Т.М., Токмакова Л.М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія / за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2006. 311 с.

5. Ховзун Р.В. Вплив біостимуляторів росту на розвиток картоплі. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2024. Вип. 3(57). С. 92–98.

6. Федорчук С.В. Вплив хімічних препаратів, біологічних і регуляторів росту на розвиток збудників *Alternaria Solani* та *Phytophthora Infestans*. Таврійський науковий вісник. 2017. № 98. С. 128–133. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tneveconn_2017_98_23

7. Ісакова О.Ш. Застосування біопрепаратів у живленні картоплі в умовах Півдня України на краплинному зрошенні. Аграрні інновації. 2021. № 6. С. 11–15. DOI: 10.32848/agrar.innov.2021.6.2.

8. Карашук Г.В., Казанок О.О. Продуктивність сортів картоплі весняного строку садіння залежно від регуляторів росту рослин в умовах зрошення Півдня України. Аграрні інновації. 2024. № 24. С. 82–87.

Бородай В.В., Парфенюк А.І. Регуляція фітопатогенного фону за дії біопрепаратів в агроценозах картоплі та в умовах її зберігання. Вісник аграрної науки. 2019. № 10. С. 37–43. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2019_10_8

9. Борзих О.І., Ткаленко Г.М., Сергієнко В.Г. Вплив комплексного застосування біологічних і хімічних препаратів на розвиток хвороб та врожайність картоплі. Вісник аграрної науки. 2021. № 8. С. 15–25. DOI: 10.31073/agrovisnyk202108-02

10. Ефективність біологічних препаратів проти мікозів картоплі / Н.М. Плотницька та ін. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2024. Вип. 4 (45). С. 45–49 DOI: 10.37406/2706-9052-2024-4.6

11. Курдиш І.К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми. Київ: Наукова думка, 2010. 255 с.

12. Потапенко Л.В. Агрохімічна оцінка різних систем удобрення картоплі при вирощуванні в зоні Полісся. Картоплярство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2014. Вип. 42. С. 175–184.

Зміна агрофізичних показників ґрунту та продуктивності картоплі за ґрунтозахисних агротехнологій / М.М. Кравчук та ін. Наукові горизонти. 2019. № 11. С. 61–68.

13. Ільчук Р.В., Ільчук Л.А., Альохін В.В. Урожайність картоплі залежно від рівнів живлення, способів внесення добрив та маси садивних фракцій. Картоплярство України. 2013. № 3–4. С. 34–40.

14. Федорук Ю.В., Молоцький М.Я. Зміна біохімічного складу бульб картоплі залежно від сорту і добрив в умовах Центрального Лісостепу України. Картоплярство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2008. Вип. 37. С. 194–212.

15. Фурман В.М., Мороз О.С., Люсак А.В., Солодка Т.М. Вивчення реакції картоплі на використання сидератів і соломи в якості добрив. Таврійський науковий вісник. 2023. № 129. С. 153–159. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.129.20

16. Грабар І.Г., Матвійчук Б.В., Матвійчук Н.Г. Синергізм систем живлення за біологізації вирощування картоплі в короткоротаційній сівоzmіні Полісся. Таврійський науковий вісник. 2021. № 117. С. 287–300. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/117_2021/41.pdf

17. Лященко С.А., Олійник Т.М., Захарчук Н.А. Технологічні прийоми удобрення картоплі в короткоротаційній сівоzmіні на супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2020. Вип. 67(2). С. 152–169. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-67%282%29/10.pdf>

18. Поліщук І., Дячук В. Вплив норм садіння та удобрення на урожайні та якісні показники сортів картоплі в умовах Правобережного Лісостепу України. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. 2013. № 17(2). С. 49–57. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2013_17%282%29_12

19. Ефективність біологізованої технології вирощування картоплі в умовах зрошення півдня України / Г.С. Балашова та ін. Вісник аграрної науки. 2021. № 5. С. 60–64. DOI: 10.31073/agroviznyk202105-08

20. Поліщук В.О., Журавель С.В., Кравчук М.М., Залевський Р.А. Ефективність рідких комплексних добрив за різних систем удобрення картоплі в умовах Полісся України. Наукові горизонти. 2020. № 08 (93). С. 141–148. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148

21. Поліщук В.О., Журавель С.В., Смаглій В.О. Вплив біологічних препаратів та удобрення на формування врожаю картоплі сорту «Гранда» за альтернативної технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2025. № 141. С. 31–37. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.141.2.5

22. Картоплярство: методика дослідної справи / А.А. Бондарчук та ін. Вінниця: ТОВ «ТВО-РИ», 2019. 652 с.

23. Кононученко В.В. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве, 2002. 184 с.

24. Методика проведення експертизи сортів рослин картоплі та груп овочевих, баштанних, пряно-смакових на придатність до поширення в Україні (ПСП) / за ред. С.О. Ткачика. Вінниця: ФОП Корзун, 2017. С. 6–9. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f415f5df23.pdf>

25. М'ялковський Р., Безвіконний П., Потапський Ю. Урожайність картоплі сорту Мирослава залежно від рівня мінерального живлення і гус-

тоти садіння в умовах Західного Лісостепу. Наука XXI ст.: Виклики та перспективи: колективна монографія. Природничі науки. Тернопіль: Осадца Ю.В., 2021. Т. 2. С. 135–145.

26. Кучко А.А., Власенко М.Ю., Мицько В.М. Фізіологія і біохімія картоплі. Київ: Довіра, 1998. 335 с.

27. Мазур О.В., Мазур О.В., Миронова Г.В. Вивчення технологічних прийомів вирощування насінневої картоплі. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 22. С. 237–250. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2021_22_21

28. Каленська С.М., Кнап Н.В., Федосій І.О. Картопля: біологія та технологія вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 144 с.

REFERENCES

1. Fedosiy, I.O., Komar, O.O., Furdyha, M.M., Zakharchuk, N.A. (2022). Kartoplyarstvo: navch. posib. [Potato growing]. Kyiv, FOP Yamchynskyy, 382 p.

2. Polozhenets, V.M., Stankevych, S.V., Furdyha, M.M., Nemerytska, L.V., Zhuravska, I.A., Stankevych, M.Iu. (2024). Intehrovanyi zakhyst kartopli vid khvorob, shkidnykiv i burianiv: navch. posib. [Integrated protection of potatoes against diseases, pests and weeds]. Zhytomyr, PP «Ruta», 428 p.

3. Anishyn, L.A. (2002). Vplyv biostymulatoriv na urozhai i yakist kartopli [The impact of biostimulants on potato yield and quality]. Kartopliar [Potato grower]. no. 1, pp. 4–5.

4. Volkohon, V.V., Nadkernychna, O.V., Kovalevska, T.M., Tokmakova, L.M. (2006). Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka: monohrafiia [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]. Kyiv, Agricultural science, 311 p.

5. Khovzun, R.V. (2024). Vplyv biostymulatoriv rostu na rozvytok kartopli [The effect of growth biostimulants on potato development]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia i biolohiia. [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology]. Issue 3(57), pp. 92–98.

6. Fedorchuk, S.V. (2017). Vplyv khimichnykh preparativ, biolohichnykh i rehulatoriv rostu na rozvytok zbudnykiv Alternaria Solani ta Phytophthora Infestans [The effect of chemicals, biological and growth regulators on the development of pathogens Alternaria Solani and Phytophthora Infestans]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavrian Scientific Bulletin]. no. 98, pp. 128–133. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn_2017_98_23

7. Iskakova, O.Sh. (2021). Zastosuvannia biopreparativ u zhyvleni kartopli v umovakh Pivdnia Ukrainy na kraplynnomu zroshenni [The use of biological products in potato nutrition in the South of Ukraine under drip irrigation]. Ahrarni innovatsii [Agricultural innovations]. no. 6, pp. 11–15. DOI: 10.32848/ahrar.innov.2021.6.2

8. Karashchuk, H.V., Kazanok, O.O. (2024). Produktivnist sortiv kartopli vesnianoho stroku sadinnia

zalezhno vid rehulatoriv rostu roslyn v umovakh zroshennia Pivdnia Ukrainy [Productivity of potato varieties of spring planting depending on plant growth regulators in the conditions of irrigation in the South of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii* [Agricultural innovations]. no. 24, pp. 82–87.

9. Borodai, V.V., Parfeniuk, A.I. (2019). Rehuliatsiia fitopatohennoho fonu za dii biopreparativ v ahrotsenozakh kartopli ta v umovakh yii zberihannia [Regulation of phytopathogenic background under the influence of biological products in potato agroecosystems and storage conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 10, pp. 37–43. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2019_10_8

10. Borzykh, O.I., Tkalenko, H.M., Serhiienko, V.H. (2021). Vplyv kompleksnoho zastosuvannia biolohichnykh i khimichnykh preparativ na rozvytok khvorob ta vrozhaunist kartopli [Influence of the complex use of biological and chemical preparations on the development of diseases and potato yield]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 8, pp. 15–25 DOI: 10.31073/agrovisnyk202108-02

11. Plotnitska, N.M., Nevmerzhytska, O.M., Hurmanchuk, O.V., Karpov, O.V., Nevidomskyi, R.V. (2024). Efektyvnist biolohichnykh preparativ proty mikoziv kartopli [Efficiency of biological preparations against potato mycoses]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika* [Podilsky Visnyk: agriculture, technology, economy]. Issue 4 (45), pp. 45–49. DOI: 10.37406/2706-9052-2024-4.6

12. Kurdysh, I.K. (2010). Introduksiia mikroorhanizmiv u ahroekosystemy [Introduction of microorganisms into agroecosystems]. Kyiv, Scientific thought, 255 p.

13. Potapenko, L.V. (2014). Ahrokhimichna otsinka riznykh system udobrennia kartopli pry vyroshchuvanni v zoni Polissia [Agrochemical assessment of various potato fertilization systems when grown in the Polissya region]. *Kartopliarstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk* [Potato farming: interdepartmental thematic scientific collection]. Issue 42, pp. 175–184.

14. Kravchuk, M.M., Kropyvnytskyi, R.B., Andriiash, V.V., Klymchuk, V.V., Mysko, K.V. (2019). Zmina ahrofizychnykh pokaznykiv gruntu ta produktyvnosti kartopli za gruntozakhsnykh ahrotekhnolohii [Changes in soil agrophysical parameters and potato productivity under soil protection agrotechnologies]. *Naukovi horyzonty* [Scientific horizons]. no. 11, pp. 61–68.

15. Ilchuk, R.V., Ilchuk, L.A., Alokhin, V.V. (2013). Urozhaunist kartopli zalezhno vid rivniv zhyvlennia, sposobiv vnesennia dobryv ta masy sadyvnykh fraktsii [Potato yields depending on nutrition levels, fertilization methods and weight of planting fractions]. *Kartopliarstvo Ukrainy* [Potato growing in Ukraine]. no. 3–4, pp. 34–40.

16. Fedoruk, Yu.V., Molotskyi, M.Ia. (2008). Zmina biokhimichnoho skladu bulb kartopli zalezhno vid sortu i dobryv v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Changes in the biochemical composition

of potato tubers depending on variety and fertilizers in the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Kartopliarstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk* [Potato farming: interdepartmental thematic scientific collection]. Issue 37, pp. 194–212.

17. Furman, V.M., Moroz, O.S., Liusak, A.V., Solodka, T.M. (2023). Vyvchennia reaktsii kartopli na vykorystannia syderativ i solomy v yakosti dobryv [Study of potato reaction to the use of green manure and straw as fertilisers]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavrian Scientific Bulletin]. no. 129, pp. 53–159. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.129.20

18. Hrabar, I.H., Matviichuk, B.V., Matviichuk, N.H. (2021). Synerhizm system zhyvlennia za biolohizatsii vyroshchuvannia kartopli v korotkorotatsiinii sivozmini Polissia [Synergy of nutrition systems in the biologization of potato cultivation in short-rotation crop rotation in Polissya]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavrian Scientific Bulletin]. no. 117, pp. 287–300. Available at: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/117_2021/41.pdf

19. Liashchenko, S.A., Oliinyk, T.M., Zakharchuk, N.A. (2020). Tekhnolohichni pryomy udobrennia kartopli v korotkorotatsiinii sivozmini na supishchanykh dernovo-pidzolystykh gruntakh Polissia Ukrainy [Technological methods of potato fertilisation in short rotation crop rotation on sandy sod-podzolic soils of Polissya of Ukraine]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynyystvo* [Foothill and mountain farming and animal husbandry]. Issue 67(2), pp. 152–169. Available at: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-67%282%29/10.pdf>

20. Polishchuk, I., Diachuk, V. (2013). Vplyv norm sadinnia ta udobrennia na urozhainy ta yakisni pokaznyky sortiv kartopli v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of planting and fertilization norms on yield and quality indicators of potato varieties in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia* [Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy]. no. 17(2), pp. 49–57. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2013_17%282%29_12

21. Balashova, H.S., Netis, V.I., Yuziuk, S.M., Kotov, B.S., Yuziuk, O.O. (2021). Efektyvnist biolohizovanoi tekhnolohii vyroshchuvannia kartopli v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy [Efficiency of biologized technology of potato cultivation under irrigation conditions in the south of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 5, pp. 60–64. DOI: 10.31073/agrovisnyk202105-08

22. Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V., Kravchuk, M.M., Zalevskyi, R.A. (2020). Efektyvnist ridkykh kompleksnykh dobryv za riznykh system udobrennia kartopli v umovakh Polissia Ukrainy [Efficiency of liquid complex fertilizers under different potato fertilization systems in Polissya of Ukraine]. *Naukovi horyzonty* [Scientific horizons]. no. 08(93), pp. 141–148. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148

23. Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V., Smahlii, V.O. (2025). Vplyv biolohichnykh preparativ ta

udobrennia na formuvannia vrozhaiu kartopli sortu «Hranada» za alternatyvnoi tekhnolohii vyroshchuvannia [Influence of biological preparations and fertiliser on the formation of potato yield of “Granada” variety under alternative cultivation technology]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavrian Scientific Bulletin]. no. 141, pp. 31–37. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.141.2.5

24. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Oliynyk, T.M., Furdyha, M.M., Vyshnevskaya, O.V., Osypchuk, A.A., Zakharchuk, N.A. (2019). *Kartoplyarstvo: metodyka doslidnoyi spravy* [Potato growing: methodology of the experimental case]. Vinnytsya, LLC «Tvory», 652 p.

25. Kononuchenko, V.V. (2002). *Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu* [Methodological recommendations for conducting research with potatoes]. Nemishaieva, 184 p.

26. Tkachyk, S.O. (2017). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn kartopli ta hrup ovochevykh, bashtannykh, priano-smakovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for the examination of plant varieties of potatoes and groups of vegetables, melons, spices and flavors for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia, FOP Korzun, pp. 6–9. Available at: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f415f5df23.pdf>

27. Mialkovskiy, R., Bezvikonnyi, P., Potapyskiy, Yu. (2021). *Urozhainist kartopli sortu Myroslava zalezno vid rivnia mineralnoho zhyvlennia i hustoty sadinnia v umovakh Zakhidnoho Lisostepu* [Yield of potatoes of Myroslava variety depending on the level of mineral nutrition and planting density in the Western Forest-Steppe]. *Nauka XXI st.: Vyklyky ta perspektyvy: kolektyvna monohrafiia. Pryrodnychi nauky*. [Science of the 21st Century: Challenges and Prospects. Natural Sciences]. Ternopil, Osadtsa Yu.V., Vol. 2, pp. 135–145.

28. Kuchko, A.A., Vlasenko, M.Iu., Mytsko, V.M. (1998). *Fiziolohiia i biokhimiia kartopli* [Physiology and biochemistry of potatoes]. Kyiv, Dovira, 335 p.

29. Mazur, O.V., Mazur, O.V., Myronova, H.V. (2021). *Vyvchennia tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia nasinnievoi kartopli* [Study of technological methods of growing seed potatoes]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo* [Agriculture and forestry]. no. 22, pp. 237–250. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2021_22_21

30. Kalenska, S.M., Knap, N.V., Fedosii, I.O. (2017). *Kartoplia: biolohiia ta tekhnolohiia vyroshchuvannia: monohrafiia* [Potato: biology and cultivation technology]. Vinnytsia, LLC «Nilan-LTD», 144 p.

The impact of the combined use of organic fertilizers and biological products on potato productivity in the southern Polissia region of Ukraine

Yamkovyi V., Podberezko I., Tomach A.

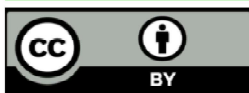
The results of three-year studies (2021–2023) conducted at the Institute of Potato of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine on the impact of the complex application of organic fertilizers and various biological preparations on the growth, development, and yield formation of potato plants are highlighted.

It has been established that over three years of research, such indicators as plant height, number of stems per plant, stem density per hectare, and leaf area in 2021–2023 increased with the combined use of organic fertilizers and biological products. The lowest values of these indicators were observed in the control variant, and the highest, respectively, in variants 5, 6, and 7, where, on the background of green manure, additional 40 t/ha of manure were applied, and potato crops were treated with fungicidal biological products in combination with microbiological product «Rice Pi».

Yield levels during the research years were high, in particular in 2022 were more favorable compared to 2021 and 2023. It should also be noted that the lowest tuber yields were observed in the control variant, and the highest (36,8 and 36,7 t/ha) in variants 6 and 7, where manure was applied against the background of green manure and a combination of biological preparations («MikoHelp» + «Rice Pi») and («Bactofit» + «Rice Pi») was used during the growing season.

The research established a correlation between potato yield and individual biometric indicators. Based on specific mathematical models, correlation graphs were constructed, which allow predicting crop yield based on changes in biometric indicators. It has been established that the most significant biometric indicators for potato productivity are the number of stems per plant and stem density. These indicators account for 90–92 % of the yield.

Key words: potatoes, tubers, variety, biological preparations, yield, plant height, leaf area, correlation and regression analysis.



Copyright: Ямковий В.Ю., Подберезко І.М., Томаш А.І. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 634.54:631.811.98:57:581

Прояв анатомічних змін в листках представників роду *Corylus* L., як індикатор адаптації до різних екологічних умов зростання**Балабак О.А.¹ , Залізник А.М.^{1,2} **¹ Уманський національний університет² Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України Балабак О.А. E-mail: o.a.balabak@ukr.net

Балабак О.А., Залізник А.М. Прояв анатомічних змін в листках представників роду *Corylus* L., як індикатор адаптації до різних екологічних умов зростання. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 268–275.

Balabak O., Zalizniak A. Anatomical changes in the leaves of *Corylus* L. species as an adaptation indicator to different ecological growth conditions. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 268–275.

Рукопис отримано: 01.10.2025 р.

Прийнято: 16.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-268-275

У статті розглянуто анатомічні зміни листків ліщини горіхової (*Corylus colurna* L.) як показник адаптації до різного ступеня урбано-техногенного навантаження в умовах урбанізованого середовища міста Умань. В дослідженнях використано чотири варіанти зростання горіхоплідних рослин: придорожню ділянку з інтенсивним рухом автотранспорту, охоронну зону парку «Софіївка», адміністративну зону парку та внутрішню частину парку. Кількісні показники продигового апарату у всіх варіантах досліджуваної отримано за дослідження відбитків епідермісу, а товщину епідермісу, мезофілу та кутикули вимірювали за допомогою мікроскопічних зрізів. Морфометрія листків включала оцінку довжини, ширини, довжини черешка та площі пластинки. У порівняльному аналізі анатомічних параметрів виявлено, що листки рослин ліщини горіхової, які ростуть уздовж дороги з інтенсивним транспортним рухом, демонструють низку помітних адаптивних змін. Насамперед у них збільшена кількість продигов, водночас фіксується зменшення їх розмірів, що дає змогу більш точно регулювати транспірацію в умовах підвищеного пилового та теплового навантаження. Мезофіл в таких листках потовщується рівномірно в обох своїх шарах: стовпчаста паренхіма розширює фотосинтетичну поверхню, а губчаста – збільшує місткість міжклітинних просторів для накопичення води й газів. Це дозволяє підтримувати високу продуктивність фотосинтезу навіть за дефіциту вологи. Одночасно верхній і нижній епідермальні шари ущільнені, що формує надійний бар'єр від механічного та хімічного стресу. Проте шар кутикули зменшується через руйнівний вплив газових викидів. Попри всі ці зміни, зовнішня форма й загальні розміри листка залишаються майже незмінними, що вказує на їх морфологічну стабільність навіть в умовах урбаністичного стресу.

Отримані дані підтверджують, що в дослідних зразках *Corylus colurna* L. встановлено комплексні зміни клітин мезофілу, зокрема потовщення паренхіми та епідермісу за одночасного зменшення кутикули, а це значно сприяє збереженню ефективного газообміну, фотосинтетичного потенціалу та водоутримувальної здатності листків в умовах урбанізованого середовища. Результати вказують на доцільність використання ліщини горіхової в озелененні міських територій Правобережного Лісостепу України для підтримки стійких насаджень до факторів урбогенного впливу.

Ключові слова: *Corylus colurna* L., продигова щільність, паренхіма, кутикула, епідерміс, урбано-техногенний стрес, ксероморфні адаптації.

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій. Листок є найбільш багатофункціональною складовою рослини, і зміни в його структурі можуть свідчити про рівень адаптації виду до змін навколишнього середовища. Для оцінки стійкості рослин до умов урбанізованого середовища важливо враховувати взаємозв'язок між анатомічною будовою асиміляційного апарату та особливостями водного обміну.

Анатомічна структура листка дозволяє визначити ступінь спеціалізації виду та його адаптацію до стану середовища, зокрема стійкості до умов зростання і забезпеченості вологою. Зміни в структурі листка вважаються важливим показником стійкості рослин як до посухи, так і до забруднення [2, 4, 13].

Ліщину горіхову часто використовують для озеленення в міських насадженнях, парках, місцях відпочинку тощо [5, 6, 8, 11]. Однак фізіологічні зміни в структурі асиміляційних органів цих та інших перспективних для озеленення видів ліщини за різних умов зростання потребують уточнень.

Анатомічні складові листка відіграють ключову роль у визначенні здатності рослин до адаптації в умовах урбаністичного стресу. Зміни в будові продихового апарату, товщині паренхіми та кутикули слугують індикаторами стійкості до впливу підвищеного техногенного навантаження. Опубліковані результати досліджень екологічної стійкості представників *Corylus colurna* L. вказують, що в умовах дорожньої смуги з інтенсивним рухом транспортних засобів листки цієї ліщини демонструють підвищену густоту продихів та одночасне потовщення клітин мезофілу, що є оптимальним для проходження процесів фотосинтезу та накопичення води [1, 4, 7, 9, 17].

У клітинах мезофілу стовпчаста та губчаста паренхіми виконують різні функції: стовпчаста паренхіма, що складається з ущільнених подовжених клітин із високою концентрацією хлоропластів, забезпечує основну фотосинтетичну активність, тимчасом губчаста паренхіма із великими міжклітинними проміжками сприяє ефективному газообміну та резервуванню води й вуглекислого газу. Стовпчаста та губчаста тканини можуть змінюватись під впливом урбаністичного навантаження, зокрема потовщуючись на 20–30 % порівняно з умовами контролю [3, 4, 14].

Зміни товщини епідермісу листка виявляються в потовщенні верхнього і нижнього шарів, що підвищує стійкість до пилових та хімічних частинок. Анатомічні та функціональні ознаки листової поверхні, зокрема

зміни товщини кутикули і епідермісу, відображають здатність рослин активно протидіяти головним урбаністичним змінам – забрудненню повітря, тепловому навантаженню та дефіциту вологи [12, 15, 18].

Водночас кутикула за умов високої концентрації викидів часто редукується через руйнування воскових компонентів, що відображає відповідність між газообміном та бар'єрними функціями покриву [10, 14, 16].

Незважаючи на практичну цінність рослин *Corylus colurna* L. для міського озеленення, потребує дослідження її адаптаційних реакцій листків у різних екологічних умовах. Опрацьовані нами літературні джерела висвітлюють окремі аспекти анатомічних змін та екологічну стійкість ліщини горіхової [9, 14, 19], однак комплексне визначення внутрішніх змін асиміляційного апарату залежно від різних умов урбано-техногенного навантаження потребувало додаткових досліджень.

Мета досліджень. Провести комплексний аналіз анатомічної будови листків *Corylus colurna* L. у різних за інтенсивністю екологічного навантаження умовах вирощування. Завдання передбачали визначення кількості та розмірів продихів, товщини епідермісу, паренхімних шарів і кутикули, а також порівняння морфометричних параметрів листка. Отримані результати досліджень були використані для рекомендацій щодо використання *Corylus colurna* L. у стійких урбанізованих насадженнях.

Матеріал і методи дослідження. Об'єктом дослідження є ліщина горіхова (*Corylus colurna* L.). Кількість продихів на одиницю площі та розмір їх клітин визначали на відбитках епідермісу листків, отриманих за методом Г.Х. Молотковського [1].

Поперечні зрізи листків були зроблені за допомогою ручного мікротома. У дослідженнях було використано мікроскоп марки Levenhuk MED Series.

Було визначено товщину листка, товщину епідермісу, а також стовпчастої та губчастої паренхіми. Зразки було відібрано з модельних рослин *Corylus colurna* L. на висоті 1,75–2,25 м від рівня ґрунту у різних зонах зростання, тобто в придорожніх насадженнях з великою інтенсивністю автомобільного руху, в умовно чистих місцях зростання та в чистій зоні.

Розрахунок щільності продихів на одну клітину був обрахований за формулою: $SD = \times 100 \%$. Цей показник показує, скільки продихів припадає на 100 клітин епідермісу (або в процентах від числа клітин). Для ва-

ріантів досліду: $S=149,56$ шт./мм², $E=2557,60$ шт./мм². Продишовий індекс обраховували за класичною формулою Stomatal index (SI) $= (S / (S + E)) \times 100$ %, де S – кількість продихів на 1 мм², E – кількість клітин нижнього епідермісу на 1 мм².

Результати досліджень та обговорення.

Для рослин роду *Corylus colurna* L. характерне розташування продихів на нижньому боці листків. Таке розташування сприяє зменшенню втрати води та захищає продихи від надмірного впливу тепла і повітряних потоків.

Розміри продихів, їх форма а також кількість є різною в досліджуваних варіантах ліщини горіхової. Їх кількість варіюється від 149,56 до 194,14 мкм. У дослідженнях використано чотири варіанти досліду – місця зростання горіхоплідних рослин за різних екологічних умов: 1 – придорожня ділянка м. Умань з інтенсивним рухом автотранспорту, 2 – охоронна зону парку «Софіївка», що межує з ділянкою з інтенсивним рухом автотранспорту, 3 – адміністративна зона парку та 4 – внутрішня частина парку (табл. 1).

Аналіз кількості продихів показав їх найбільше значення в другому варіанті досліду (охоронна зона парку «Софіївка») – 194,14 шт./мм², тимчасом найнижче зафіксовано в першому варіанті (придорожня ділянка м.

Умань з інтенсивним рухом автотранспорту) – 149,56 шт./мм². У четвертому і третьому варіантах відповідні показники становили 160,07 та 182,71 шт./мм².

Проведені дослідження анатомічної будови епідермісу й клітин мезофілу вказують, що стовпчаста паренхіма листка *Corylus colurna* L. у другому варіанті досліду вирізнялася значним розвитком: середня її товщина становила $45,22 \pm 3,09$ мкм, що на 30 % більше, ніж у першому варіанті, і майже на 31 % перевищує найтонший шар у третьому варіанті ($34,57 \pm 2,90$ мкм), (табл. 2).

Значна різниця в товщині клітинного шару свідчить про високу пластичність асиміляційної тканини за умов підвищеного екологічного навантаження. Потовщена стовпчаста паренхіма забезпечує суттєве збільшення фотосинтетичної поверхні завдяки більшій кількості клітин, які розміщені перпендикулярно до поверхні листка, що сприяє ефективнішому поглинанню світла та більш інтенсивній фіксації вуглекислого газу. Крім того, посилений розвиток цього шару сприяє формуванню додаткових міжклітинних просторів, які виконують накопичувальну функцію для води й водяної пари, стабілізуючи тургор тканин у періоди дефіциту вологи.

Таблиця 1 – Кількісні показники продихового апарату листків *Corylus colurna* L. за різних умов вирощування, (2022–2025 рр.)

Варіант досліду	Кількість продихів на 1 мм ² , шт.	Розміри продихів, довжина, мкм	Розміри продихів, ширина, мкм	Число клітин на 1 мм ² нижнього епідермісу	Продишовий індекс, %	Щільність продихів на одну клітину, %
1	149,56	$23,97 \pm 2,81$	$20,30 \pm 2,33$	$2557,60 \pm 180,70$	5,53	5,85
2	194,14	$26,97 \pm 3,28$	$21,24 \pm 1,57$	$2092,02 \pm 376,90$	8,49	9,28
3 (к)	182,71	$26,81 \pm 2,62$	$21,54 \pm 1,99$	$2592,32 \pm 295,80$	6,58	7,05
4	160,07	$25,70 \pm 0,78$	$16,64 \pm 0,95$	$2351,90 \pm 71,00$	6,37	6,81

Таблиця 2 – Анатомічна будова листків *Corylus colurna* L. за різних умов вирощування, (2022–2025 рр.)

Частина листка	Варіант досліду			
	1	2	3(к)	4
Стовпчаста паренхіма, мкм	$39,84 \pm 2,35$	$45,22 \pm 3,09$	$34,57 \pm 2,90$	$39,30 \pm 2,45$
Губчаста паренхіма, мкм	$70,38 \pm 5,34$	$74,44 \pm 8,60$	$47,34 \pm 1,37$	$60,92 \pm 3,46$
Верхній епідерміс, мкм	$13,05 \pm 0,89$	$16,25 \pm 1,66$	$12,96 \pm 0,77$	$12,16 \pm 1,01$
Нижній епідерміс, мкм	$9,20 \pm 1,10$	$15,92 \pm 1,21$	$11,20 \pm 3,11$	$10,39 \pm 1,12$
Кутикула, мкм	$4,19 \pm 0,67$	$3,94 \pm 0,63$	$4,07 \pm 0,18$	$5,43 \pm 0,35$
Повна товщина листка, мкм	$146,91 \pm 2,43$	$156,31 \pm 3,19$	$136,69 \pm 4,67$	$130,11 \pm 4,56$

У третьому варіанті, де товщина стовпчастої паренхіми була найнижчою ($34,57 \pm 2,90$ мкм), можна припустити, що відносно менш інтенсивне техногенне навантаження або інші екологічні фактори (наприклад, зниження температури чи доступності поживних речовин) обмежують продукцію фотосинтетичного апарату саме в цьому шарі. Тонша стовпчаста паренхіма вказує на меншу потребу в збільшенні додаткової кількості хлорофілу, оскільки в більш оптимальних умовах світлове й водне забезпечення є достатніми для підтримки фотосинтетичної активності без надмірних енергетичних витрат.

Що стосується губчастої паренхіми, то її максимальна товщина виявлена в другому варіанті досліджень і становить $74,44 \pm 8,60$ мкм, а мінімальна – лише $47,34 \pm 1,37$ мкм у третьому варіанті.

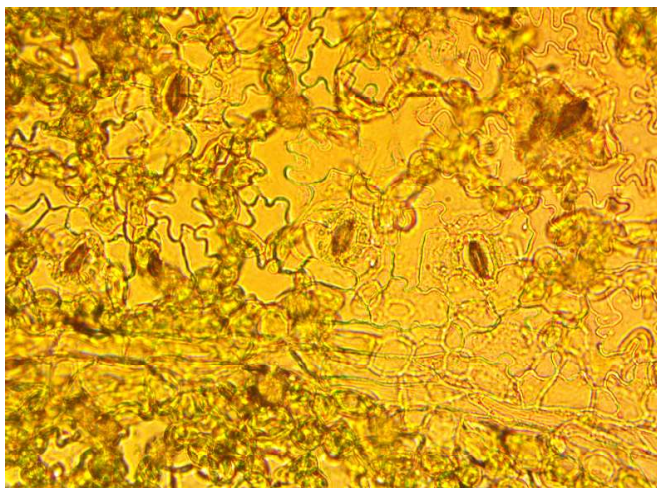
Отже, співвідношення товщини стовпчастої та губчастої паренхім демонструє комплексну анатомічну перебудову листка в умовах стресу: одночасне потовщення обох шарів забезпечує не лише розширення фотосинтетичної площі, а також накопичення запасу вологи. Ця ксероморфна дія створює ефективний баланс між потребою в інтенсивному фотосинтезі та захистом тканин від гідротичного і хімічного стресу. Водночас тонша паренхіма в третьому варіанті свідчить про гнучкість метаболічних механізмів, які дозволяють рослині змінювати структуру мезофілу відповідно до поточних умов.

Товщина верхнього епідермісу в досліджених листках *Corylus colurna* L. вказувала на чітку залежність від умов зростання й варіювала в межах від 12,16 мкм у четвертому варіанті до 16,25 мкм у розміщеному близько біля дороги другому варіанті. У першому варіанті середнє значення цього параметра становило 13,05 мкм, а в третьому варіанті – 12,96 мкм, що свідчить про відносно невелику пластичність епідермісу в зонах з мінімальним техногенним навантаженням.

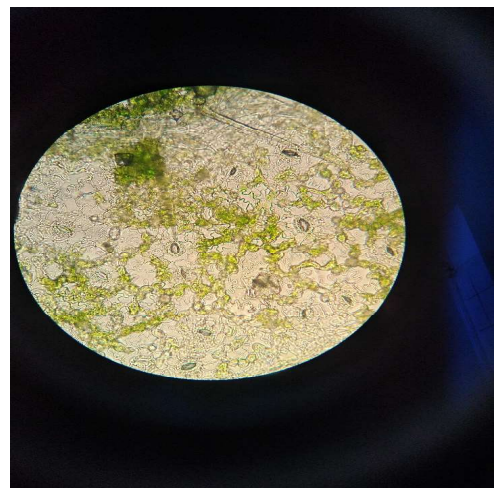
Значне ж потовщення верхнього епідермісу в другому варіанті можна пояснити підвищеним механічним і хімічним стресом у безпосередній близькості до ділянки з інтенсивним рухом транспорту: збільшена товщина клітинного шару забезпечує надійніший бар'єр від пилу, важких металів і високих температур, а також знижує швидкість випаровування води.

Нижній епідерміс виявився не менш чутливим до зовнішніх факторів: його товщина зростала від 9,20 мкм у першому варіанті до 15,92 мкм у другому варіанті. У третьому і четвертому варіантах цей показник становив 11,20 і 10,39 мкм відповідно.

Потовщення нижнього епідермісу в природоному другому варіанті може бути компенсаторною реакцією на підвищений гострий відтік води через продихи та посилений газообмін, адже зміцнений епідермальний шар знижує ризик осмотичного стресу в клітинах мезофілу (рис. 1, 2, 3, 4).

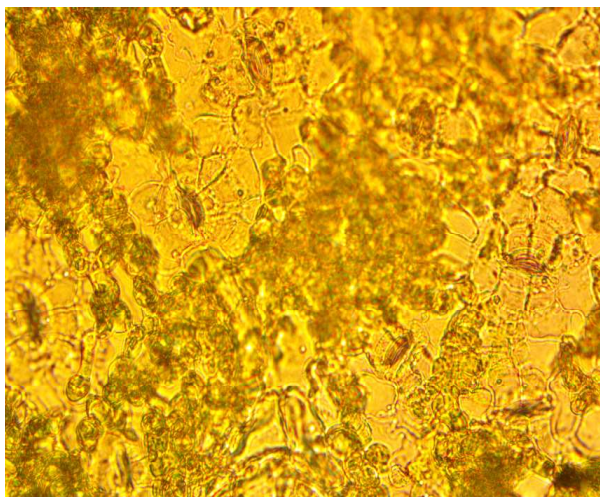


а

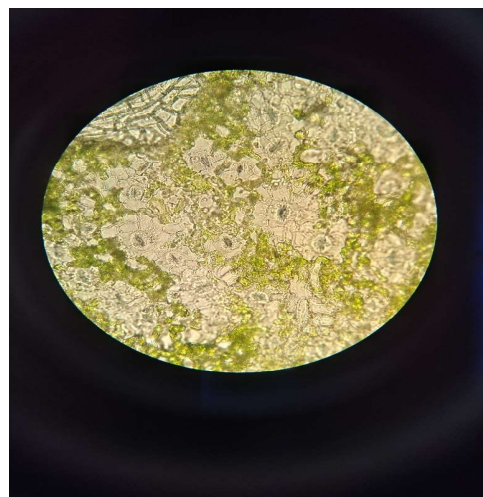


б

Рис. 1. Нижній епідерміс листка *Corylus colurna* L. (перший варіант), 2023: а – фото за допомогою мікроскопа; б – фото зроблене цифровою камерою.

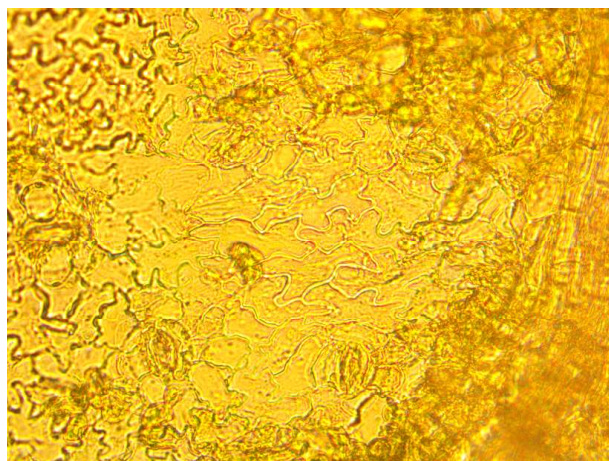


а

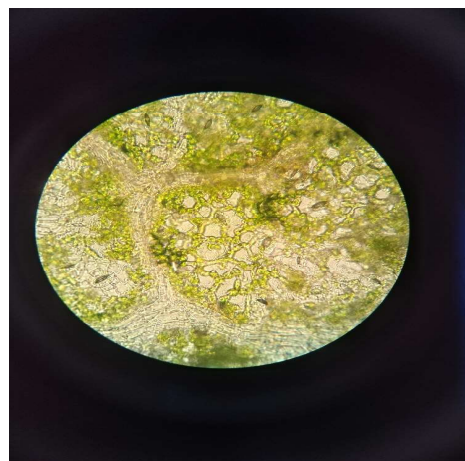


б

Рис. 2. Нижній епідерміс листка *Corylus colurna* L. (другий варіант), 2023:
а – фото за допомогою мікроскопа; б – фото зроблене цифровою камерою.

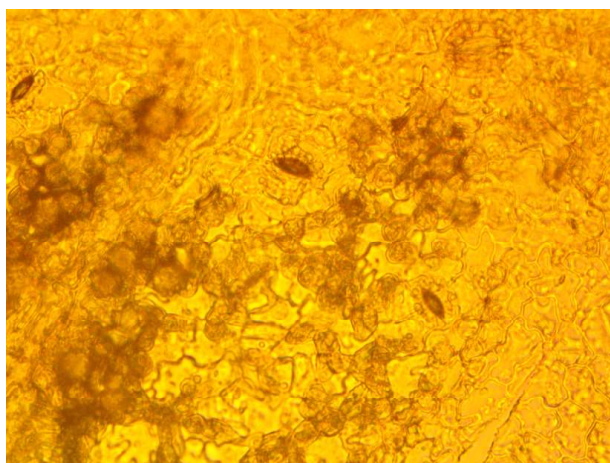


а

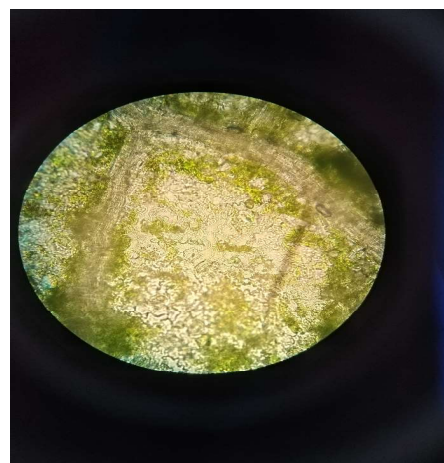


б

Рис. 3. Нижній епідерміс листка *Corylus colurna* L. (третій варіант), 2023:
а – фото за допомогою мікроскопа; б – фото зроблене цифровою камерою.



а



б

Рис. 4. Нижній епідерміс листка *Corylus colurna* L. (четвертий варіант), 2023:
а – фото за допомогою мікроскопа; б – фото зроблене цифровою камерою.

Кутикула виявилася найтоншою в другому варіанті – 3,94 мкм, тимчасом у четвертому варіанті встановлена її максимальна товщина – 5,43 мкм. У першому і третьому варіантах середні значення цього параметра становили 4,19 та 4,07 мкм відповідно. Потовщена кутикула у варіанті досліду у зоні інтенсивного екологічного навантаження свідчить про руйнування воскових речовин пилом і газовими викидами, що знижує її здатність виконувати захисні функції. Натомість у зонах з мінімальним техногенним впливом кутикула формується повноцінно і слугує ефективним бар'єром від втрати вологи та проникнення забруднень.

Загальна товщина листка, яка включає обидва шари епідермісу, клітини кутикули та мезофілу, демонструвала виражену тенденцію до збільшення в варіантах з інтенсивним забрудненням: від 146,91 мкм у першому варіанті до 156,31 мкм у другому варіанті. У третьому та четвертому варіантах, товщина знижувалася до 136,69 і 130,11 мкм відповідно. Така динаміка відображає загальну анатомічну зміну – активне потовщення стовпчастої та губчастої паренхіми у поєднанні зі змінами епідермальних шарів, що забезпечує баланс між фотосинтетичною ефективністю, запасом вологи і захистом від зовнішніх стрес-факторів.

Довжина листка варіювала від 12,8 см у першому варіанті до 14,7 см у четвертому варіанті досліду, причому найбільша відмінність вказує, що за умов підвищеного екологічного навантаження листки ростуть дещо коротшими. Ширина листків у процесі досліджень залишалася досить сталою: 11,4–13,4 см, що свідчить про обмежену пластичність цього параметра навіть за різних екологічних умов зростання (табл. 3).

Визначена довжина черешка була в межах від 3,4 см в четвертому варіанті до 3,9 см

в першому варіанті. Подовжений черешок у першому варіанті може вказувати на адаптацію до меншої інтенсивності освітлення, тимчасом укорочений черешок листка ліщини горіхової у четвертому варіанті зберігає оптимальне розташування пластинок.

Площа листової пластинки була найменшою в першому варіанті – 145,9 см² і найбільшою в четвертому – 196,9 см². Різниця площ вказує на те, що хоча загальна морфометрія листка лишається відносно сталою, у певних варіантах досліду *Corylus colurna* L. здатна за оптимальних умов нарощувати більшу загальну поверхню. Загалом морфометричні характеристики листка ліщини горіхової демонструють надзвичайно низький рівень варіабельності навіть за різних екологічних умов.

Така морфометрична стійкість вказує на те, що листки зберігають кути нахилу та пропорції, необхідні для рівномірного поглинання сонячного випромінювання, а сталі розміри зменшують енергетичні та ресурсні витрати на формування листової пластинки, що особливо важливо в умовах дефіциту вологи і поживних речовин в умовах міста.

Висновки. Під дією урбо-техногенних факторів листки *Corylus colurna* L. в умовах насаджень демонструють анатомічні зміни, зокрема збільшення щільності продихів на 1 мм² до 194,14 шт./мм² в охоронній зоні парку «Софіївка» та підвищення продихового індексу до 8,49 %. Ці зміни вказують на активацію системи транспірації та газообміну як адаптивну реакцію на дефіцит води й підвищене забруднення повітря.

Загальна товщина листків збільшується в зоні екологічного навантаження переважно через потовщення стовпчастої до 45,22 мкм і губчастої паренхіми до 74,44 мкм. Таке подовження сприяє оптимізації фотосинтетичного потенціалу, стійкості рослин та накопиченню води в тканинах.

Таблиця 3 – Розміри листків *Corylus colurna* L. за різних умов вирощування, (2022–2025 рр.)

Варіант досліду	Довжина листка, см	Ширина листка, см	Довжина черешка, см	Площа листової пластинки, см ²
1	12,8	11,4	3,9	145,9
2	13,2	13,1	3,8	172,9
3	14,3	13,1	3,5	187,3
4	14,7	13,4	3,4	196,9
<i>HIP</i> ₀₅	1,2	1,0	0,4	3,6

У зоні інтенсивного руху автотранспорту кутикула була більш тонкою – 3,94 мкм порівняно з 5,43 мкм у внутрішній частині парку, що, ймовірно, свідчить про техногенне руйнування воскового шару під впливом пилу й газових викидів. Тонша кутикула підсилює потребу в компенсаторних адаптаціях епідермісу, насамперед у потовщенні верхнього й нижнього епідермальних шарів. Морфометричні параметри листка – довжина (12,8–14,7 см), ширина (11,4–13,4 см), довжина черешка (3,4–3,9 см) та площа листової пластинки (145,9–196,9 см²) – залишаються відносно сталими незалежно від умов зростання. Стабільність загальних розмірів листка вказує на високий рівень стійкості і витривалості цих представників роду *Corylus* L. до урбо-техногенних викликів.

Отримані результати підтверджують високий адаптивний потенціал ліщини горіхової та її придатність для впровадження в озеленення урбанізованих територій Правобережного Лісостепу України та безпосередньо урбанізованого середовища міста Умань, де ліщина горіхова здатна зберігати функціональну ефективність за підвищеного техногенного навантаження.

REFERENCES

1. Bessonova, V.P. (2006). Practicum in Plant Physiology. Dnipropetrovsk, VVDDAU, 316 p.
2. Vasilevska, V.K. (1954). Leaf Formation in Drought-Resistant Plants. Ashgabat: Publishing House of the Academy of Sciences of the Turkmen. 184 p.
3. Gerbut, O.V. (2008). Biological Characteristics of Ornamental Tree Species Used in the Greening of Uman. Scientific Bulletin of the National Lviv Forestry and Wood Technology University. no. 18(1), pp. 22–27.
4. Ilkun, G.M. (1978). Atmospheric Pollutants and Plants. Kyiv, Scientific opinion, 247 p.
5. Kosenko, I.S. (1999). Phylogeny of the Genus *Corylus* (*Corylus* L.). Plant Introduction. Uman, no. 2, pp. 68–72.
6. Kolchanova, O.V., Los, S.A., Khalimon, Ye.V., Bilyk, O.M. (2015). Turkish Hazel in the Parks of Poltava Region. Plant Introduction, Conservation and Enrichment in Botanical Gardens and Dendroparks: Proceedings of the International Scientific Conference. Kyiv, pp. 120–121.
7. Krohmal, I.I., Pugachova, A.Yu. (2010). Anatomical Features of Leaf Structure of *Hemerocallis* L. Species under Introduction Conditions in Southeastern Ukraine. Problems of Ecology and Environmental Protection of a Technogenic Region. no. 1(10), pp. 62–73.
8. Kucheryavy, V.P., Dudin, R.B., Kovalchuk, N.P., Pilat, O.S. (2004). Trees, Shrubs, and Lianas in Landscape Architecture. Lviv, Kvart, 138 p.
9. Lozinska, T.P. (2021). *Corylus colurna* L. Features of Cultivation, Breeding, and Utilization. BNAU Repository. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/5672>
10. Ovrutska, I.I. (2012). Anatomical and Morphological Characteristics of *Sium latifolium* L. Leaves under Different Growth Conditions. Ukrainian Botanical Journal. no. 69(1), pp. 125–133.
11. Sytnik, I.Y., Kolchanova, O.V., Los, S.A. (2018). Growth and Development of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) in Green Zone Plantings of V.V. Dokuchaev KhNAU. Forestry and Agroforestry Reclamation. no. 132, pp. 66–72.
12. Srivastava, L.M. (2002). Plant growth and development. Hormones and the environment. Elsevier. Oxford, Academic Press, Amsterdam, 772 p.
13. Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18. Göttingen.
14. Ennafen, M., Vadel, A.M., Cochard, H., Khemira, H. (2010). Comparative Impacts of Water Stress on the Leaf Anatomy of a Drought-Resistant and a Drought-Sensitive Olive Cultivar. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. no. 85(4), pp. 289–294.
15. Prigioniero, A. (2023). Leaf Surface Functional Traits Influence Particulate Matter and PAH Air Pollution Mitigation: Insights from Mediterranean Urban Forests. Journal of Cleaner Production. no. 418, 138158. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138158
16. Lüttge, U., Buckeridge, M. (2020). Trees: Structure and Function and the Challenges of Urbanization. Trees. no. 37, pp. 9–16. DOI: 10.1007/s00468-020-01964-1
17. Wróblewska, K., Jeong, B.R. (2021). Effectiveness of Plants and Green Infrastructure Utilization in Ambient Particulate Matter Removal. Environmental Sciences Europe. no. 33, 110 p. DOI: 10.1186/s12302-021-00547-2
18. Pal, S.L. (2019). Role of plant growth regulators in floriculture : An overview. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. no. 8(3), pp. 789–796.
19. Retounard, D. (2005). Rozmnażanie 250 roślin przez sadzonki. Warszawa, «Wydawca Delta», 320 p.

Anatomical changes in the leaves of *Corylus L.* species as an adaptation indicator to different ecological growth conditions

Balabak O., Zalizniak A.

The article examines the anatomical changes in leaves of Turkish hazel (*Corylus colurna* L.) as an adaptation indicator to varying degrees of urban-technogenic stress in the urbanized environment of the city of Uman. Four growth conditions of nut-bearing plants were studied: a roadside area with heavy traffic, the protected zone of Sofiyivka Park, the administrative zone of the park, and the internal part of the park. Quantitative parameters of the respiratory apparatus in all experimental variants were obtained by studying epidermal imprints, while the thickness

of the epidermis, mesophyll, and cuticle was measured using microscopic sections. Leaf morphometry included assessments of length, width, petiole length, and leaf blade area. Comparative analysis of anatomical parameters has shown that the leaves of Turkish hazel growing along the roads with heavy traffic demonstrated a number of distinct adaptive changes. First of all, they have an increased number of stomata, while at the same time their size decreases, which allows for more precise regulation of transpiration under conditions of increased dust and heat stress. The mesophyll in such leaves thickens evenly in both layers: the palisade parenchyma expands the photosynthetic surface, while the lacunose parenchyma increases the capacity of intercellular spaces for storing water and gases. This allows the maintaining of high photosynthetic productivity even under moisture deficit. At the same time, the upper and lower epidermal layers are compacted, forming a reliable barrier against mechanical and chemical stress. However, the

cuticle layer is reduced due to the destructive effects of gas emissions. Despite all these changes, the external shape and overall dimensions of the leaf remain almost unchanged, indicating their morphological stability even under urban stress conditions.

The data obtained confirm that complex changes in mesophyll cells, in particular thickening of the parenchyma and epidermis with a simultaneous reduction in the cuticle, have been established in the experimental samples of *Corylus colurna* L. which significantly contributes to the preservation of effective gas exchange, photosynthetic potential, and water retention capacity of leaves in an urban environment. The results indicate the feasibility of using Turkish hazel in the landscaping of urban areas in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine to support sustainable plantings against urban stress factors.

Key words: *Corylus colurna* L., respiratory density, parenchyma, cuticle, epidermis, urban technogenic stress, xeromorphic adaptations.



Copyright: Балабак О.А., Залізняк А.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Балабак О.А.

Залізняк А.М.

<https://orcid.org/0000-0002-7435-9783>

<https://orcid.org/0009-0003-5832-9896>

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.639.11:502.633/635:712.4

Оцінювання стійкості сортів троянд групи флорібунда до ураження хворобами та шкідниками

Бровді А.А. 

Уманський національний університет



Бровді А.А. E-mail: abrovdi@ukr.net



Бровді А.А. Оцінювання стійкості сортів троянд групи флорібунда до ураження хворобами та шкідниками. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 276–282.

Brovdi A. Assessment of floribunda rose varieties' resistance to diseases and pests. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 276–282.

Рукопис отримано: 29.09.2025 р.

Прийнято: 14.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-276-282

Троянда з давніх часів була та залишається однією з найпопулярніших рослин для декоративного садівництва. Різноманіття форм, забарвлень та ароматів робить її незамінним елементом квіткових композицій. Одним з чинників, який істотно впливає на декоративність троянд є ураження рослин хворобами та шкідниками. Досліджено, що основними хворобами троянд групи флорібунда, які завдають найбільшої шкоди їх декоративності є чорна плямистість (*Marssonina rosae* (Lib.) Died.), борошниста роса (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* Woron.), несправжня борошниста роса (*Pseudoperonospora sparsa* (Berk.) Jacz.) та іржа троянд (*Phragmidium distiflorum* (Tode) Sames). З'ясовано, що найбільшою стійкістю до ураження збудниками хвороб вирізнявся сорт *Pomponella*. Рослини цього сорту лише подекуди було уражено чорною плямистістю, інтенсивність розвитку якої не перевищувала 4 %. Водночас, інтенсивність розвитку хвороби у рослин сорту *Goldelse* досягала 64 %, що призвело до завчасного обпадання листя. З-поміж досліджених десяти сортів троянд групи флорібунда іржею троянд було уражено лише один сорт – *Carmagnola*. Ознаки ураження борошнистою росою та пероноспорозом відмічено також лише у одного сорту – *Arthur Bell*, з інтенсивністю розвитку хвороб 25 та 17 %, відповідно. Визначено, що основними шкідниками троянд є трояндовий пильщик (*Arge rosae* L.), зелена трояндова попелиця (*Macrosiphum rosae* L.), павутинний кліщ звичайний (*Tetranychus urticae* Koch.), листовійка трояндова (*Archips rosana* L.), трипси (*Thrips* spp.) та бронзівка золотиста (*Cetonia aurata* L.). Найбільшою чисельністю вирізнялися зелена трояндова попелиця та трояндова листовійка, які завдавали істотної шкоди рослинам. Визначено, що обробка рослин інсектицидами є дієвим способом захисту від шкідників троянд. Найбільш ефективними препаратами є інсектициди Енжіо 247 SC та Актара 25 WG з відсотком загиблених шкідників до 97,8 %.

Ключові слова: троянди, флорібунда, шкідники, хвороби, інсектициди, декоративність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Біологічним чинником, який найбільш істотно впливає на ріст і розвиток троянд є збудники хвороб та шкідники. У результаті їх впливу пригнічується ріст та розвиток рослин, погіршується їх цвітіння та знижуються декоративні якості кущів [1, 2].

Загалом декоративні рослини інфікуються значною кількістю мікробних організмів, включаючи бактерії, грибки і віруси, які істотно впливають на ріст та морфологію цих рослин і в такий спосіб впливають на їх комерційну цінність [3]. Рання діагностика причин захворювань має важливе значення

для вдалого культивування троянд. Найбільш розповсюдженими захворюваннями садових троянд є борошниста роса (*Sphaerotheca pannosa* Lev. var. *rosae* Voron) та чорна плямистість (*Marsonina rosae* (Lib.) Died). Зокрема, чорна плямистість здебільшого масово уражує садові троянди [4, 5].

Окрім прямої шкоди, яка проявляється у зниженні декоративних якостей, інфекційні захворювання завдають трояндам значної опосередкованої шкоди, погіршуючи розвиток усієї рослини упродовж наступних років. Тому, проведення профілактичних заходів та лікування захворювань є необхідними та передбачають регулярну обробку засобами захисту рослин не менше шести разів упродовж вегетації. Водночас варто врахувати, що використання токсичних сполук практично неможливе у населених пунктах та у місцях інтенсивного відвідування [6].

Упродовж вегетації найбільш масово на трояндах зустрічаються такі шкідники як зелена трояндова попелиця (*Macrosiphum rosae* L.), трояндова листокрутка (*Archips rosana* L.), бронзівка золотиста (*Cetonia aurata* L.), оленка мохната (*Tropinota hirta* Poda) та звичайний павутинний кліщ (*Tetranychus urticae* Koch) [7, 8].

Глобальне потепління, яке призводить до регіональних кліматичних змін, а також інтенсифікація виробництва можуть зумовлювати розвиток фітопатогенів та масове поширення шкідників [9, 10]. Для запобігання цьому важливо впроваджувати програми інтегрованого захисту від шкідників та хвороб, які передбачають кілька протоколів контролю - хімічного, біологічного та фізичного [11–13].

Розглядаючи питання поширення хвороб та шкідників, варто відмітити, що ступінь ураження рослин напряму залежить від професійного догляду за ними. Якщо не вживати попереджувальних заходів та не лікувати хвороби вчасно, ступінь ураження рослин може бути суттєвим або ж вони зовсім загинуть, саме тому необхідно зупиняти розвиток захворювання на ранніх стадіях [14, 15].

Мета дослідження. Оцінити стійкість сортів троянд групи флорібунда до ураження хворобами і шкідниками та ефективність способів захисту від них.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження інтенсивності ураження десяти сортів троянд групи флорібунда проводили упродовж 2021–2024 рр. на дослідних ділянках Уманського національного університету.

Клімат території - помірно континентальний з м'якою зимою та теплим літом. Середня

багаторічна температура повітря становить +8,8 °С. Відносна вологість повітря - 70 %. Кількість опадів за рік у середньому становить 586 мм [16]. Ґрунти - чорноземи опідзолені важкосуглинкові малогумусні. Вміст гумусу у орному шарі ґрунту - 3,31 % [17].

Ступінь ураження рослин хворобами та шкідниками визначали візуально за природних умов без штучного зараження відповідно до загальноприйнятої методики [18]. Інтенсивність розвитку хвороби визначали за формулою:

$$R = \frac{\Sigma(a \cdot b)}{N \cdot k} 100 \%,$$

де R – розвиток хвороби, %;

$\Sigma(a \cdot b)$ – сума добутку числа уражених рослин (a) на відповідний бал ураження (b);

N – загальна кількість рослин у виборці;

k – вищий бал ураження (9).

Імунологічну оцінку троянд проводили візуально відповідно до вимог Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів квітково-декоративних, ефіроолійних, лікарських та лісових рослин на придатність до поширення в Україні [9]. Відповідно до ступеня ураження хворобами та шкідниками визначали стійкість сорту за 9-бальною шкалою [19]: 9 – високостійкі сорти; 7 – стійкі сорти; 5 – середньостійкі сорти; 3 – нестійкі або сприйнятливі сорти; 1 – дуже нестійкі сорти.

З метою вивчення ефективності дії інсектицидів на регулювання чисельності шкідників проведено обприскування рослин у період масової появи шкідників. Для досліджень було відібрано препарати: Актотит, КС - біопрепарат інсектицидної дії (аверсектин С, 0,2 %); Актара 25 WG – інсектицид кишково-контактної дії (тіаметоксам, 250 г/кг); Енжіо 247 SC, к.с. - інсектицид контактно-системний (лямбда-цигалотрин, 106 г/л + тіаметоксам, 141 г/л). Обліки здійснювали на третю добу після обробки рослин препаратами.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою дисперсійного і кореляційного аналізів [20] з використанням програм Excel та Statistica 10.

Результати дослідження та обговорення. Результати оцінювання інтенсивності розвитку хвороб у сортів троянд групи флорібунда показали, що переважна більшість троянд має відносну імунність до ураження борошнистою росою (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* Woron.), несправжньою борошнистою росою (*Pseudoperonospora sparsa* (Berk.) Jacz.) та іржею троянд (*Phragmidium distiflorum* (Tode) Sames) (табл. 1).

Таблиця 1 – Інтенсивність розвитку хвороб у троянд групи флорібунда, (2021–2024 pp.)

Сорт	Іржа троянд (<i>Phragmidium distiflorum</i> (Tode) Sames)	Борошниста роса (<i>Sphaerotheca pannosa</i> var. <i>rosae</i> Woron.)	Несправжня борошниста роса (<i>Pseudoperonospora sparsa</i> (Berk.) Jacz.)	Чорна плямистість (<i>Marssonina rosae</i> (Lib.) Died.)
<i>Pomponella</i>	0	0	0	2,6±1,3
<i>Lovely Green</i>	0	0	0	15,0±2,8
<i>Carmagnola</i>	16,5±1,5	0	0	27,0±1,7
<i>Arthur Bell</i>	0	24,8±1,7	17,3±1,5	11,2±2,8
<i>Westpoint</i>	0	0	0	9,8±2,4
<i>Novalis</i>	0	0	0	3,3±0,8
<i>Goldelse</i>	0	0	0	63,8±3,9
<i>Rotkappchen</i>	0	0	0	21,7±2,4
<i>Hans Gonewein</i>	0	0	0	41,6±3,8
<i>Let's Celebrate</i>	0	0	0	52,5±2,4

Визначено, що серед досліджених сортів троянд групи флорібунда борошнистою іржею було уражено лише сорт *Carmagnola* з інтенсивністю розвитку хвороби 16,5 %. Ураження борошнистою россою та несправньою борошнистою россою виявлено лише у рослин сорту *Arthur Bell*, інтенсивність розвитку яких становила 24,8 та 17,3 %, відповідно.

Ознаки ураження чорною плямистістю (*Marssonina rosae* (Lib.) Died.) виявлено у всіх сортів, однак, її інтенсивність була різною. Зокрема, поодинокі чорні плями виявлено на листках троянд сорту *Novalis*, тимчасом листя у рослин сортів *Goldelse* та *Let's Celebrate* було уражено повністю і завчасно обпадало.

Найбільш стійкими до ураження збудниками хвороб були рослини сорту *Pomponella*. На рослинах виявлено лише поодинокі ознаки ураження чорною плямистістю з інтенсивністю розвитку хвороби, яка не перевищувала 4 %.

З метою контролювання та запобігання масовому ураженню троянд хворобами на дослідній ділянці упродовж вегетації застосовували фунгіциди: Блюз, КС (крезоксим-метил, 100 г/л + дифеноконазол, 200 г/л); Флінт Стар 520SC, КС, (трифлуксистеробін, 120 г/л + піриметаніл, 400 г/л), а також систематично проводили обрізку та винос заражених решток рослин за межі території їх вирощування.

Дослідження видового складу шкідників здійснювали на основі візуального огляду вегетативних та генеративних органів рослин упродовж вегетаційного періоду. Упродовж досліджень виявлено ураження троянд трояндовим пильщиком (*Arge rosae* L.), зеленою трояндовою попелицею (*Macrosiphum rosae* L.), павутинним кліщем звичайним (*Tetranychus*

urticae Koch.), листовійкою трояндовою (*Archips rosana* L.), трипсами (*Thrips* spp.) та бронзівкою золотистою (*Cetonia aurata* L.).

Упродовж вегетації спостерігали суттєве ураження сортів троянд групи флорібунда зеленою трояндовою попелицею (*Macrosiphum rosae* L.) та трояндовою листовійкою (*Archips rosana* L.) (рис. 1).

Дослідженнями визначено, що зелена трояндова попелиця (*Macrosiphum rosae* L.) зустрічається переважно у вигляді невеликих колоній на пагонах, листках та бутонах рослин і завдає їм помірної шкоди. Однак, шкідники подекуди щільно вкривали рослини, що призводило до деформації та затримки розвитку їх органів. Зокрема, найбільшої шкоди вони завдавали рослинам сорту *Westpoint* та *Rotkappchen* (табл. 2).

Істотної шкоди рослинам завдавали гусениці трояндової листовійки, які пошкоджували бутони та листки рослин, пригнічуючи процес їх активного росту та цвітіння. Дослідженнями визначено, що з-поміж десяти досліджених сортів лише сорт *Arthur Bell* мав середній ступінь ураження шкідником (уражено до 50 % рослин), усі інші – сильний (до 70 %).

Інші виявлені на рослинах шкідники впливали на розвиток та естетичний вигляд окремих представників групи флорібунда. Зокрема, у рослин сорту *Arthur Bell*, *Rotkappchen* та *Hans Gonewein* виявлено ознаки ураження трояндовим пильщиком (*Arge rosae* L.). Оскільки личинки шкідника перебувають у середині молодих пагонів, виявити їх дуже складно. Верхівки пагонів уражених рослин здебільшого відсихали. Найбільш істотним був вплив шкідника на рослини сорту *Hans Gonewein*. Верхівки молодих пагонів повністю відсихали.



а



б

Рис. 1. Ураження троянд групи флорібунда шкідниками:

а) *Macrosiphum rosae* L. на рослинах сорту *Westpoint*;б) гусінь *Archips rosana* L. на рослинах сорту *Pomponella*.

Таблиця 2 – Ступінь ураження сортів троянд групи флорібунда шкідниками (2021–2024 рр.)

Сорт	Трояндовий пильщик (<i>Arge rosae</i> L.)	Зелена трояндова попелиця (<i>Macrosiphum rosae</i> L.)	Павутинний кліщ звичайний (<i>Tetranychus urticae</i> Koch.)	Листовійка трояндова (<i>Archips rosana</i> L.)	Трипси (<i>Thrips spp.</i>)	Бронзівка золотиста (<i>Cetonia aurata</i> L.)
<i>Pomponella</i>	0	3	0	7	3	1
<i>Lovely Green</i>	0	3	0	7	3	1
<i>Carmagnola</i>	0	3	5	7	3	0
<i>Arthur Bell</i>	3	3	3	5	5	1
<i>Westpoint</i>	0	7	3	7	3	0
<i>Novalis</i>	0	3	0	7	5	0
<i>Goldelse</i>	0	3	3	7	3	0
<i>Rotkappchen</i>	3	7	5	7	3	0
<i>Hans Gonewein</i>	5	5	0	7	3	1
<i>Let's Celebrate</i>	0	3	0	7	5	0

Виявлено слабе (*Arthur Bell*, *Westpoint* і *Goldelse*) та середнє (*Carmagnola* і *Rotkappchen*) ураження рослин звичайним павутинним кліщем (*Tetranychus urticae* Koch.). В уражених рослин листки завчасно жовтіли та обпадали, що загалом негативно впливало на їх ріст та декоративність. Істотних ознак ураження трипсами (*Thrips spp.*) у більшості рослин не зафіксовано, незважаючи на те, що у деяких представників групи флорібунда їх кількість у квітках була значною. Лише у рослин сортів *Arthur Bell* і *Novalis* було по-

мітно світлі плями та сухі краї на пелюстках, що негативно вплинуло на декоративність їх квітки. Представники бронзівки золотистої зустрічались рідко на дослідній ділянці, істотного впливу їх на ріст, розвиток та декоративність рослин не зафіксовано.

Враховуючи інтенсивність ураження досліджених рослин трояндовою попелицею (*Macrosiphum rosae* L.) та листовійкою (*Archips rosana* L.) упродовж 2022–2023 рр. проведено дослідження ефективності дії препаратів для захисту від них (табл. 3).

Таблиця 3 – Ефективність дії інсектицидів від шкідників троянд, 2022–2023 рр.

Назва інсектициду	Норма витрати препарату, л/га	Загибель, %	
		попелиці	листовійки
Контроль (без обприскування)	-	0	0
Актофіт, КС	0,4	86,3	75,0
Актара 25 WG	0,10	93,5	97,8
Енжіо 247 SC	1,8	95,1	91,7

Визначено, що найбільш ефективними від шкідників були препарати контактно-системної дії Енжіо 247 SC та кишково-контактної Актара 25 WG. За застосування Енжіо 247 SC відсоток загинувших попелиць становив 95,1 %, листовійок – 91,7 %. Технічна ефективність препарату Актара 25 WG становила 93,5 % для попелиць та 97,8 % – листовійок. Біопрепарат інсектицидної дії Актофіт, КС був менш ефективним та забезпечив загибель 86,3 % трояндових попелиць та 75,0 % – листовійок.

Отже, визначено, що обробка троянд інсектицидами у період масової появи шкідників є необхідним елементом технології їх вирощування, який дозволяє запобігти масовому ураженню рослин та зберегти їх декоративність.

Висновки. Визначено, що основними хворобами троянд групи флорібунда, які завдають найбільшої шкоди їх декоративності і росту є чорна плямистість (*Marssonina rosae* (Lib.) Died.), борошниста роса (*Sphaerotheca*

pannosa var. *rosae* Woron.), несправжня борошниста роса (*Pseudoperonospora sparsa* (Berk.) Jacz.) та іржа троянд (*Phragmidium distiflorum* (Tode) Sames). Зокрема, чорною плямистістю було уражено усі досліджені сорти з інтенсивністю розвитку хвороби у межах 2,6–63,8 %. Рослини сорту *Pomponella* були найбільш стійкими до ураження збудниками хвороб. Упродовж досліджень виявлено лише поодинокі ознаки їх ураження чорною плямистістю. Серед шкідників найбільшою чисельністю вирізнялися зелена трояндова попелиця (*Macrosiphum rosae* L.) та трояндова листовійка (*Archips rosana* L.). Шкідники пошкоджували бутони та листки рослин, пригнічуючи процес їх активного росту та цвітіння. З'ясовано, що найбільш ефективними препаратами для захисту від комах-шкідників троянд групи флорібунда є інсектициди Енжіо 247 SC та Актара 25 WG з відсотком загинувших шкідників у межах 91,7–97,8 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Stroom K., Fetzter J., Krischik V. Insect pests of roses. MN: University of Minnesota Extension Service, 1997. URL: <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/50134/6953.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Arya S. Insect Pest and Diseases of Roses: Symptoms and Control Measures. Academic Social Research. 2018. Vol. 4(1). P. 312–319.
3. Recent progress in enhancing fungal disease resistance in ornamental plants / M. Mekapogu et al. International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22(15). 7956 p.
4. Leus L. Resistance breeding for powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) and black spot (*Diplocarpon rosae*) in roses. PhD: thesis. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University. 2005. 148 p.
5. Hutabarat P.W.K. Morris Arboretum Nursery Trial: A study of rose care treatment. Internship Program Reports. 2012. No 63. 26 p.
6. Дениско І. Стійкість шипшини зморшкуватій та її гібридів проти збудників захворювань: матеріали інтернет-конференції. URL: https://mpnp.forest.gov.ua/materials/Zbirnik_material_conf/2024-48.pdf
7. Вергелес П.М. Домінуючі шкідники троянд, їх поширеність та контроль чисельності. Modern science: problems and innovations: Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Stockholm: SSPG Publish, 2020. P. 19–25.
8. Screening for resistance in rose against rose aphid, *Macrosiphum rosae* (Linn.) and rose thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Hood.) / T. Norboo et al. Journal of Entomology and Zoology Studies. 2017. No 5(6). P. 1960–1962.
9. Gullino M.L., Bertetti D., Pugliese M., Garibaldi, A. Emerging Ornamental Plant Diseases and Their Management Trends in Northern Italy. Horticulturae. 2025. No 11(8). 955 p.

10. Guegan J. F., de Thoisy B., Gomez-Gallego M., Jactel H. World forests, global change, and emerging pests and pathogens. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2023. No 61. 101266 p.
 11. Strange R.N. Introduction to Plant Pathology. England: Wiley, 2003. 480 p.
 12. Tay A., Lafont F., Balmat J.F. Forecasting pest risk level in roses greenhouse: Adaptive neuro-fuzzy inference system vs artificial neural networks. *Information Processing in Agriculture*. 2021. No 8(3). P. 386–397.
 13. Schoeller E.N., McKenzie C.L., Osborne L.S. Chilli thrips rose management using an *Amblyseius swirskii* or *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) pepper banker plant. *Journal of Applied Entomology*. 2022. No 146(10). P. 1281–1292.
 14. Зелінський Б.В., Зелінська Л.Г. Особливості вирощування троянд та використання у ландшафтному дизайні. Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання): матеріали XII Міжнародної наукової конференції. Умань, 2024. С. 51–53.
 15. Porta F., Cleaver R.R., Lovatt E., Maestre M. Preparatory work in support of risk communication on plant health. EFSA Supporting Publications. 2023. No 20(5). E210502E.
 16. Мороз Е.К. Кореневласні троянди у Національному дендропарку «Софіївка». Умань: АЛМИ, 2006. 174 с.
 17. Fish D.T. Rose Budding; containing full instructions for the successful performance of this operation. UK: F. PHILLIPS, 1875. URL: [https://www.google.com.ua/books/edition/Rose Budding containing full instruction/UObStiCkYkIC?hl=uk&gbpv=0](https://www.google.com.ua/books/edition/Rose+Budding+containing+full+instruction/UObStiCkYkIC?hl=uk&gbpv=0)
 18. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів квітково-декоративних, ефіроолійних, лікарських та лісових рослин на придатність до поширення в Україні. 2-е вид., випр. и доп. Київ, 2014. 132 с.
 19. Методика проведення фітопатологічних досліджень за штучного зараження рослин / Н.В. Лещук та ін. Вінниця: Корзун Д.Ю., 2016. 75 с.
 20. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костоуриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
- ### REFERENCES
1. Stroom, K., Fetzer, J., Krischik, V. (1997). Insect pests of roses. MN, University of Minnesota Extension Service. Available at: <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/50134/6953.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 2. Arya, S. (2018). Insect Pest and Diseases of Roses: Symptoms and Control Measures. *Academic Social Research*. Vol. 4(1), pp. 312–319.
 3. Mekapogu, M., Jung, J.A., Kwon, O.K., Ahn, M.S., Song, H.Y., Jang, S. (2021). Recent progress in enhancing fungal disease resistance in ornamental plants. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 22(15), 7956 p.
 4. Leus, L. (2005). Resistance breeding for powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) and black spot (*Diplocarpon rosae*) in roses. PhD: thesis. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University. 148 p.
 5. Hutabarat, P.W.K. (2012). Morris Arboretum Nursery Trial: A study of rose care treatment. *Internship Program Reports*. no. 63, 26 p.
 6. Denysko, I. Stiikist shypshyny zmorshkuvatoi ta yii hibrydiv proty zbudnykiv zakhvoriuvan: materialy internet-konferentsii [Resistance of wrinkled rose hips and their hybrids to disease pathogens: materials from an online-conference]. Available at: https://mpnp.forest.gov.ua/materials/Zbirnik_material_conf/2024-48.pdf
 7. Verheles, P.M. (2020). The main pests of roses, their prevalence, and population control [Dominuiuchi shkidnyky troiand, yikh poshyrenist ta kontrol chyselnosti]. *Modern science: problems and innovations: Abstracts of the 6th International scientific and practical conference*. Stockholm, SSPG Publish, pp. 19–25.
 8. Norboo, T., Ahmad, H., Ganai, S.A., Chaand, D., Bajiya, M.R., Landol, S. (2017). Screening for resistance in rose against rose aphid, *Macrosiphum rosae* (Linn.) and rose thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Hood.). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. no. 5(6), pp. 1960–1962.
 9. Gullino, M.L., Bertetti, D., Pugliese, M., Garibaldi, A. (2025). Emerging Ornamental Plant Diseases and Their Management Trends in Northern Italy. *Horticulturae*. no. 11(8), 955 p.
 10. Guegan, J.F., de Thoisy, B., Gómez-Gallego, M., Jactel, H. (2023). World forests, global change, and emerging pests and pathogens. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. no. 61, 101266 p.
 11. Strange, R.N. (2003). Introduction to Plant Pathology. England, Wiley, 480 p.
 12. Tay, A., Lafont, F., Balmat, J.F. (2021). Forecasting pest risk level in roses greenhouse: Adaptive neuro-fuzzy inference system vs artificial neural networks. *Information Processing in Agriculture*. no. 8(3), pp. 386–397.
 13. Schoeller, E.N., McKenzie, C.L., Osborne, L.S. (2022). Chilli thrips rose management using an *Amblyseius swirskii* or *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) pepper banker plant. *Journal of Applied Entomology*. no. 146(10), pp. 1281–1292.
 14. Zelinskyi, B.V., Zelinska, L.H. (2024). Osoblyvosti vyroshchuvannia troiand ta vykorystannia u landshaftnomu dyzaini [Features of growing roses and their use in landscape design]. *Selekciynogenetychna nauka i osvita (Parijevi chytannja): materialy HII Mizhnarodnoi naukovoï konferencii* [Selection and genetic science and education (Pariyev readings): materials of the XII International Scientific Conference]. Uman, pp. 51–53.
 15. Porta, F., Cleaver, R. R., Lovatt, E., Maestre, M. (2023). Preparatory work in support of risk communication on plant health. EFSA Supporting Publications. no. 20(5), E210502E.
 16. Moroz, E.K. (2006). Korenevlasni troiandy u Natsionalnomu dendroparku «Sofiivka» [Rootstock roses in the Sofiyivka National Arboretum]. Uman, ALMI, 174 p.

17. Fish, D.T. (1875). Rose Budding; containing full instructions for the successful performance of this operation. UK: F. PHILLIPS. Available at: https://www.google.com.ua/books/edition/Rose_Budding_containing_full_instruction/UObStiCkYkIC?hl=uk&gbpv=0

18. Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv kvitkovo-dekoratyvnykh, efirooliinykh, likarskykh ta lisovykh roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for conducting qualification expertise of varieties of flowering and decorative, essential oil, medicinal, and forest plants for suitability for distribution in Ukraine]. Kyiv, 2014, 132 p.

19. Leshchuk, N.V. (2016). Metodyka provedennia fitopatolohichnykh doslidzhen za shtuchnoho zarazhennia roslyn [Methodology for conducting phytopathological studies on artificially infected plants]. Vinnytsia, Korzun D.Yu., 75 p.

20. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PE 'TD "Edelweiss and K", 332 p.

Assessment of floribunda rose varieties' resistance to diseases and pests

Brovdi A.

Since ancient times, roses have been and remain one of the most popular plants for ornamental gardening. The variety of shapes, colors, and scents makes it an indispensable element of floral arrangements. One of the factors that significantly affects the decorative appeal of roses is plants damage by

diseases and pests. Research has shown that the main diseases of floribunda roses that cause the most damage to their decorative qualities are black spot (*Marssonina rosae* (Lib.) Died.), powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* Woron.), downy mildew (*Pseudoperonospora sparsa* (Berk.) Jacz.), and rose rust (*Phragmidium distiflorum* (Tode) Sames). It was determined that the *Pomponella* variety showed the highest resistance to disease pathogens. Plants of this variety were only occasionally affected by black spot, the intensity of which did not exceed 4 %. At the same time, the intensity of disease development in plants of the *Goldelse* variety reached 64 %, which led to premature leaf fall. Among the ten varieties of floribunda roses studied, only one variety, *Carmagnola*, was affected by rose rust. Signs of powdery mildew and downy mildew were also observed in only one variety, *Arthur Bell*, with disease development intensity of 25 % and 17 %, respectively. It has been determined that the main pests of roses are the rose sawfly (*Arge rosae* L.), green rose aphid (*Macrosiphum rosae* L.), common spider mite (*Tetranychus urticae* Koch), rose leaf roller (*Archips rosana* L.), thrips (*Thrips* spp.), and rose chafer beetle (*Cetonia aurata* L.). The green rose aphid and rose leaf roller were the most numerous and caused significant damage to plants. It has been determined that treating plants with insecticides is an effective way to protect roses from pests. The most effective preparations are the insecticides «Engio 247 SC» and «Aktara 25 WG», with a pest mortality rate of up to 97.8 %.

Key words: roses, floribunda, pests, diseases, insecticide, decorativeness.



Copyright: Бровді А.А. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Бровді А.А.

<https://orcid.org/0000-0003-1065-705X>

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.091: 635.9

**Вплив фракції насіння на схожість
та морфогенез сіянців *Catalpa bignonioides***Булат А.Г. 

Державний біотехнологічний університет



Булат А.Г. E-mail: bulatandrey1977@gmail.com



Булат А.Г. Вплив фракції насіння на схожість та морфогенез сіянців *Catalpa bignonioides*. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 283–292.

Bulat A. The effect of seed fraction on germination and morphogenesis of *Catalpa bignonioides* seedlings. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 283–292.

Рукопис отримано: 25.09.2025 р.

Прийнято: 10.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-283-292

У 2025 році було проведено дослідження з вивчення впливу посівних якостей насіння *Catalpa bignonioides* залежно від його фракційного складу.

Для більш глибокого аналізу впливу морфологічних характеристик на посівні якості насіння катальпи, було здійснено фракціонування насіннєвого матеріалу за розміром та абсолютною масою. Виділено три фракції: дрібна; середня та крупна.

Виявлено пряму залежність між фракційністю насіння та тривалістю його проростання: чим менше насіння за розміром, тим довший період проростання.

У лабораторних дослідженнях фракції насіння різної крупності виявили різну енергію проростання. Найвищий показник (89 %) зафіксовано у варіанті з крупною фракцією. Середня фракція також продемонструвала відносно високу енергію проростання – 78 %. Натомість насіння дрібної фракції мали значно нижчий показник – лише 11 %.

Найвищий відсоток ґрунтової схожості визначено у варіанті з висівом насіння крупної фракції – 92 %. За рівнем схожості насіння цієї фракції наближається до нормативних вимог ДСТУ, відповідаючи першому класу якості. Високу ґрунтову схожість також продемонструвало насіння середньої фракції – 84 %. Найнижчий показник схожості спостерігався у насіння дрібної фракції – лише 47 %, що відповідає третьому класу якості насіння.

Застосування насіння найбільшої фракції забезпечувало інтенсивніший ріст надземної частини рослин, що супроводжувалося достовірним збільшенням площі фотосинтезуючої поверхні. Отримані дані свідчать про перспективність використання насіння максимально великої фракції у технологіях вирощування інтродукованих рослин, орієнтованих на підвищення продуктивного потенціалу рослин.

Під час проведення інвентаризації сіянців, отриманих із насіння середньої та крупної фракцій, встановлено істотно нижчий темп відпаду рослин на 30-ту добу досліді або повну його відсутність. Найбільш чітко ця тенденція простежується у варіанті з використанням крупної фракції насіння, де на 90-ту добу досліді відпад практично не спостерігався.

Отже, запропонована методика фракційного поділу насіння може бути рекомендована для впровадження у практику декоративного розсадництва.

Ключові слова: схожість, сіянець, енергія проростання, фракційність насіння, асимілююча поверхня, ґрунтова схожість, морфометричні показники.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На етапі розвитку сучасного зеленого будівництва неможливо собі уявити благоустрій без застосування інтродукованих видів рослин. Майже кожного року на «зеленому» ринку благоустрою з'являються нові види рослин, що раніше не зростали на території нашої держави зовсім або не використовувались в озелененні [1].

У Харківській області, в паркових зонах та алейних посадках все частіше з'являється катальпа бігніонієвидна (*Catalpa bignonioides* Walt) та к. прекрасна (*C. speciosa* Ward.). Фахівці ландшафтного мистецтва рослинам роду *Catalpa* надають одне з провідних місць серед дерев-екзотів, відмічаючи їх високі декоративні якості, які вирізняються рясним цвітінням, мальовничими квітками, що зібрані в ошатні суцвіття, великими насичено-зеленими декоративними листками [2]. Водночас надають рослинам надзвичайного вигляду дуже довгі стручкоподібні плоди (коробочки), які всю зиму залишаються на рослині [3–5].

Успішність інтродукції деревних декоративних рослин та перспектива їх використання в озелененні значною мірою обумовлена можливістю отримання посадкового матеріалу місцевої репродукції. Вирощування посадкового матеріалу *C. bignonioides* можна проводити як вегетативно, так і з насіння. За літературними даними, розмноження катальпи зеленими живцями є досить успішним але трудомістким процесом. За даними [6, 7], встановлено, що види роду *Catalpa Scop.* характеризуються відносно низьким ступенем укорінення зелених живців без застосування стимуляторів коренеутворення – 19–23 %.

Цінність насіннєвого розмноження інтродуцентів полягає в тому, що вирощувані з насіння рослини краще пристосовуються до умов середовища, а також посилюється стійкість наступних поколінь до несприятливих умов навколишнього середовища. Насіннєвий спосіб розмноження є не лише простим, а й економічно вигідним [8].

Якість насіння інтродуцентів визначає успішність інтродукції в нові умови вирощування. Тому вивчення якості насіння, морфології плодів та насіння, а також закономірностей їх проростання в конкретних природно-кліматичних умовах має не лише теоретичне, а також вагомое практичне значення в насінництві інтродуцентів [9–11]. Особлива увага за інтродукції рослин має бути спрямована на вивчення можливості їх насіннєвого розмноження в нових умовах вирощування,

що є першочерговим показником успішності інтродукції та дозволяє оцінити їх адаптаційний потенціал [12].

Питанню насіннєвого розмноження катальпи присвячено роботи [13–18] та ін. Відомості про морфометричні особливості насіння інтродуцентів необхідні за вивчення загальних закономірностей адаптації рослин до нових умов зростання. Проте, наразі даних для порівняльних досліджень морфологічної мінливості насіння залежно від умов їх формування недостатньо, для більшості інтродукованих рослин вони відсутні або є фрагментарними [19].

Незважаючи на значну увагу дослідників до проблеми репродуктивної здатності рослин роду *Catalpa*, низка аспектів цього питання залишається недостатньо вивченою. Це, зокрема, позначається на обмежених обсягах виробництва власного посадкового матеріалу та недостатньому його використанні в озелененні. У зв'язку з цим постає необхідність у подальшому дослідженні чинників, що впливають на якість насіння і ростові показники сіянців, з метою збільшення виробництва високоякісного насіннєвого матеріалу.

Метою дослідження було з'ясувати залежність між фракцією насіння та показниками його схожості, а також вивчити вплив розміру насіння на подальший ріст і розвиток сіянців.

Матеріал і методи дослідження. У 2025 році було проведено дослідження з вивчення впливу посівних якостей насіння (схожості та енергії проростання) залежно від його фракційного складу. Експериментальні дослідження здійснено в лабораторних умовах тепличного комплексу Державного біотехнологічного університету. В дослідженні передбачено три варіанти досліду, кожен з яких закладено в трикратній повторності. Початкова кількість насіння у кожному варіанті становила 100 шт.

Матеріалом для досліду слугувало насіння, зібране у вегетаційний період попереднього року з дерев генеративного віку, що зростають в різних екологічних умовах: урбанізованих екотопах (парки м. Харків) та напівприродних екотопах (дендрологічний парк Державного біотехнологічного університету).

У межах дослідження було проаналізовано такі показники: морфометричні параметри насіння, маса 1000 насінин, енергія проростання та схожість. Масу 1000 насінин визначали як індикатор повноважності та крупності насіннєвого матеріалу. Посівні

якості оцінювали в лабораторних умовах; схожість визначали за відсотком насіння, що дало нормальні проростки. Оцінювання посівних якостей насіння (схожості та енергії проростання) проводили відповідно до вимог державного стандарту ДСТУ 8558:2015 [20]. Визначення маси 1000 насінин та вологості здійснювали згідно з нормативами ДСТУ 5036:2008 [21].

Одержані дані обробляли методами математичної статистики за допомогою пакету програм MS Excel. Достовірність різниці між контролем і дослідними варіантами перевіряли з використанням *t*-критерію на рівнях значущості 0,01 та 0,001 [22].

Результати дослідження та обговорення. Незважаючи на значну увагу, яку дослідники приділяють вивченню технологій вирощування представників роду *Catalpa*, питання отримання здорового посадкового матеріалу з насіння місцевого походження, наділеного високими ростовими якостями, на нашу думку, залишається недостатньо вирішеним.

Для більш глибокого аналізу впливу морфологічних характеристик на посівні якості насіння катальпи, було здійснено фракціонування насіннєвого матеріалу за розміром та абсолютною масою. Виділено три фракції: дрібна (насіння з мінімальними показниками довжини, ширини та маси 1000 насінин); середня (насіння з проміжними морфометричними характеристиками) та крупна (найбільше за розмірами насіння з максимальною масою 1000 насінин) (табл. 1). На нашу думку, таке групування дозволить в подальшому більш чітко оцінити залежність енергії проростання, схожості та життєздатності сіянців від початкових морфометричних показників насіння.

За вивчення морфометричних особливостей насіння *Catalpa bignonioides* в умовах Харківської області встановлено їх наступні характеристики. Рослини генеративного віку формують насіння розміром від 1,68 до 3,17 см довжиною (середнє значення $2,51 \pm 0,02$ см), шириною – від 0,3 до 0,5 см.

Маса 1000 повітряно-сухого повністю стиглого насіння катальпи врожаю 2024 р. в середньому становить від 15,14 до 26,47 г. Результати досліджень показують пряму залежність маси 1000 насінин від його фракції. Тобто, підтверджується теза, що абсолютна маса насіння залежить від його розмірів, що передусім визначається біологічними властивостями виду.

Насіння катальпи не потребує стратифікації. Для визначення схожості було проведено замочування насіння у воді впродовж однієї доби, після чого його поділили на дві фракції: виповнене та невивповнене. Після флотації насіння другої фракції додатково замочували у 0,5 % розчині перманганату калію ($KMnO_4$) впродовж 2 годин. Насіння першої фракції вважається порожнім і підлягає вибраковуванню після замочування. Відповідно до умов пророщування визначали лабораторну (технічну) та ґрунтову схожість. Показник абсолютної схожості не враховували через попереднє вибракування частини насіння.

У досліді з визначення енергії проростання та схожості було використано насіння катальпи (*Catalpa bignonioides*), зібране восени 2024 року. Насіння зберігали в сухому стані в лабораторних умовах до початку експерименту. Дослід передбачав два варіанти пророщування.

У першому варіанті (лабораторна схожість) пророщування здійснювали у контейнерах на фільтрувальному папері. Для кожної фракції використовували по 100 насінин, пророщування проводили за температури $20-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

У другому варіанті (ґрунтова схожість) насіння пророщували в умовах контрольованого середовища (теплиця). Як субстрат використовували нестерильний ґрунт, торф з нейтральною реакцією середовища (рН 7,0) та пісок (1:1:1). Умови пророщування передбачали температуру $20-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ та високу вологість повітря.

Таблиця 1 – Морфометричні показники та маса насіння *Catalpa bignonioides* залежно від його фракційності

Фракція	Розміри насіння, см			Індекс площі поверхні	Маса 1000 насінин, г
	довжина (l), см	ширина (h), см	товщина (d), мм		
дрібна	$1,68 \pm 0,11$	$0,32 \pm 0,01$	$1,18 \pm 0,04$	2,86	$15,14 \pm 0,17$
середня	$2,51 \pm 0,23$	$0,51 \pm 0,01$	$1,90 \pm 0,01$	6,61	$26,02 \pm 0,04$
крупна	$3,17 \pm 0,40$	$0,53 \pm 0,02$	$2,01 \pm 0,01$	7,94	$26,47 \pm 0,11$

Спостереження за проростанням насіння тривало до моменту проростання всіх життєздатних насінин у кожній пробі. Період спостережень охоплював час із 5 лютого до 2 березня 2025 року.

Завданням цього досліджу було визначити тривалість періоду спокою зародків, енергію проростання та схожість насіння *C. bignonioides* залежно від розміру посівних фракцій.

Результати досліджень показали, що насіння *C. bignonioides* характеризується різною тривалістю періоду проростання (15–25 діб). Виявлено пряму залежність між фракційністю насіння та тривалістю його проростання: чим менше насіння за розміром, тим довший період проростання (табл. 2).

На нашу думку, розтягнутий період проростання насіння зумовлений біологічною неоднорідністю насіннєвого матеріалу в межах одного виду. Така неоднорідність виникає внаслідок нерівномірного дозрівання насіння, а також може пояснюватися тим, що навіть дрібне, але повністю дозріле насіння біологічно готове до проростання. Однак під час зберігання воно втрачає більше вологи порівняно з крупним, що спричиняє перехід у триваліший період спокою. Ця гіпотеза частково підтверджується показниками початку проростання: насіння дрібної фракції запізнювалося з появою сходів на 4 доби порівняно з насінням крупніших фракцій.

Аналізуючи показники лабораторної схожості, слід зазначити, що в середньому відсоток проростання насіння становив від 62 до 97 %. Після поділу насіння за фракційним складом було встановлено, що варіанти крупної та середньої фракцій не мали суттєвої різниці: різниця між ними за показником схожості становила лише 6 %. Натомість у варіанті з дрібною фракцією спостерігалось значне

зниження ґрунтової схожості – різниця порівняно з іншими варіантами перевищувала 30 %.

У лабораторних дослідженнях фракції насіння різної крупності виявили різну енергію проростання. Найвищий показник (89 %) зафіксовано у варіанті з крупною фракцією. Середня фракція також продемонструвала відносно високу енергію проростання – 78 %. Натомість насіння фракції розміром 1,68 см мало значно нижчий показник – лише 11 %.

Отже, можна впевнено стверджувати про наявність прямої залежності між розміром насіння та кількістю сходів: що більші розміри насіння, то вищий відсоток проростання, а отже, й більша кількість сходів.

Для підтвердження висновків стосовно взаємозв'язку між розміром насіння та його схожістю було закладено дослід з вивчення впливу розміру насіння на процес його проростання в ґрунтових умовах.

За умов висіву насіння у ґрунт спостерігалися ті самі закономірності проростання, що й у лабораторних умовах. Проте показники ґрунтової схожості для всіх фракцій були нижчими за лабораторні. Зокрема, ґрунтова схожість виявилася на 5–15 % нижчою, що, ймовірно, пояснюється жорсткішими умовами проростання насіння в ґрунті, порівняно з більш контрольованими лабораторними умовами.

Найвищий відсоток ґрунтової схожості визначено у варіанті з висівом насіння крупної фракції – 92 %. За рівнем схожості насіння цієї фракції наближається до нормативних вимог ДСТУ, відповідаючи першому класу якості. Високу ґрунтову схожість також продемонструвало насіння середньої фракції розміром 2,51 см – 84 %. Найнижчий показник схожості спостерігався у насіння дрібної фракції розміром 1,68 см – лише 47 %, що відповідає третьому класу якості насіння.

Таблиця 2 – Показники лабораторної та ґрунтової схожості насіння *C. bignonioides*, (%) залежно від фракції насіння

Фракція	Тривалість проростання насіння, діб	Початок проростання насіння, діб	Енергія проростання, %	% пророслого насіння
Лабораторна схожість				
дрібна	25	7	11	62
середня	15	3	78	91
крупна	15	3	89	97
Ґрунтова схожість				
дрібна	25	7	3	47
середня	15	5	53	84
крупна	15	5	61	92

Показники енергії проростання демонструють аналогічну тенденцію. Найбільш дружними сходами вирізняється насіння крупної фракції (3,17 см) – 61 %. Середнє за розміром насіння (2,51 см) показало дещо нижчий результат – 53 %. Із зменшенням фракційності енергія проростання різко знижувалася: для насіння найменшої фракції вона становила лише 3 %.

З практичного погляду доцільним було вивчити вплив фракційності насіння на ростові якості сіянців *C. bignonioides*. Заміри біометричних показників сіянців проводили перед пікіруванням у горщики (приблизно на 30-ту добу після появи масових сходів) та перед висаджуванням у відкритий ґрунт (на 90-ту добу дослідів) (табл. 3).

Вимірювання проведені перед пікіруванням сіянців у горщики показали майже повну відсутність розбіжності показників середнього діаметра у всіх варіантах дослідів, незалежно від розміру фракції насіння.

Зовнішні ознаки сім'ядолей сходів у межах одного варіанту дослідів більш-менш однакові, основні відмінності проявляються між різними варіантами дослідів.

Дослідження морфометричних показників сходів катальби виявило пряму залежність між розміром насіння та розмірами сім'ядолів листків: зі збільшенням фракції насіння спостерігалася зростання середніх значень розміру сім'ядольного листа. Різниця між мінімальними та максимальними показниками становила 3,5 рази.

Середня висота сіянців відрізнялася за варіантами дослідів і коливалася в межах 3,67–7,02 см. У відносних величинах різниця між висотою сіянців, отриманих із насін-

ня дрібної фракції та крупної, становила 91 %. Для підтвердження статистичної достовірності отриманих результатів було проведено статистичний аналіз із використанням критерію Стюдента. Значення t для всіх варіантів дослідів перевищувало критичне значення за рівня значущості $t_{0,001}$, що свідчить про статистичну достовірність отриманих результатів.

Аналіз морфометричних показників листків *Catalpa bignonioides* (табл. 3) вказує на загальну тенденцію до збільшення розмірів листових пластинок залежно від збільшення фракції насіння. Площа листової пластинки сіянців, отриманих із крупної фракції, достовірно перевищувала показники отримані на сіянцях із дрібної фракції за рівня значущості $t_{0,001}$ ($t_{\text{факт}} = 4,673$; $t_{0,001} = 3,37$). У цьому варіанті перевищення за висотою у відносних величинах становить 133 %.

Проведені заміри довжини коріння дають змогу стверджувати, що застосування крупного насіння позитивно впливало не лише на ростову активність вегетативної маси, а також на розвиток кореневої системи. Зокрема, сіянці, отримані з крупного насіння, мали достовірно більшу довжину коріння порівняно із сіянцями з дрібного насіння, у відносних величинах різниця становить 130 %.

Результати обчислення морфометричних показників сіянців *C. bignonioides*, отримані перед висаджуванням рослин у ґрунт (на 90-ту добу дослідів), відображають ті самі закономірності росту, що й на 30-ту добу після появи сходів. У всіх випадках значення критерію Стюдента (t) для порівнюваних варіантів перевищували критичне значення за рівня значущості $t_{0,01}$.

Таблиця 3 – Вплив фракційного складу насіння на біометричні показники сіянців *Catalpa bignonioides*

Фракція	Розмір сім'ядолі	Середня висота, см		Середній діаметр, см	Площа листової пластинки, см ²		Довжина коріння, см	
		$M^{\pm m}$	t_f		$M^{\pm m}$	t_f	$M^{\pm m}$	t_f
Перед пікірівкою								
дрібна	0,63 ^{±0,10}	3,67 ^{±0,42}	—	0,1 ^{±0,01}	1,16 ^{±0,27}	—	4,87 ^{±0,95}	—
середня	1,50 ^{±0,19}	5,41 ^{±0,36}	11,508	0,2 ^{±0,02}	2,36 ^{±0,62}	3,250	9,76 ^{±1,03}	3,490
крупна	2,23 ^{±0,23}	7,02 ^{±0,59}	13,519	0,2 ^{±0,01}	2,71 ^{±0,19}	4,673	11,24 ^{±1,16,7}	4,253
Висаджування у відкритий ґрунт (90 днів)								
дрібна	—	9,51 ^{±1,32}	—	0,3 ^{±0,02}	5,31 ^{±1,72}	—	12,72 ^{±1,63}	—
середня	—	18,8 ^{±1,47}	4,702	0,5 ^{±0,02}	13,81 ^{±2,39}	4,690	22,57 ^{±1,87}	3,971
крупна	—	22,3 ^{±2,04}	5,264	0,5 ^{±0,01}	15,34 ^{±2,96}	2,931	24,63 ^{±2,39}	4,117

Примітка: $t_{\text{факт}}$ – t -критерій Стюдента, ($t_{0,001} = 3,37$; $d_f = 100$).

На 90-ту добу експерименту у всіх варіантах досліду спостерігалось багаторазове зростання морфометричних показників сіянців. Найбільш виражені зміни зафіксовано у варіанті з використанням насіння крупної фракції: довжина надземної частини рослин достовірно перевищувала відповідний показник сіянців, вирощених із дрібного насіння, на 234 %. Збільшення розмірів рослин супроводжувалося розширенням асиміляційного апарату – площа листової поверхні у сіянців з крупної фракції насіння була більшою на 288 % порівняно з аналогічним показником у рослин, отриманих із дрібного насіння.

На відміну від чітко вираженого впливу розміру насіння на розвиток надземної частини та асиміляційного апарату, вплив фракції насіння на довжину кореневої системи був менш вираженим.

Отже, результати проведеного дослідження підтверджують, що фракційний склад насіннєвого матеріалу є важливим чинником, який впливає на морфогенез сіянців. Застосування насіння найбільшої фракції забезпечувало інтенсивніший ріст надземної частини рослин, що супроводжувалося достовірним збільшенням площі фотосинтезуючої поверхні. Отримані дані свідчать про перспективність використання насіння максимально великої фракції у технологіях вирощування інтродукованих рослин, орієнтованих на підвищення продуктивного потенціалу рослин.

Під час штучного вирощування *Catalpa bignonioides* в умовах закритого ґрунту спостерігається низка фітопатологічних проблем, що істотно знижують виживаність сіянців і нерідко спричиняють їх загибель. Зокрема, результати досліджень динаміки втрат сходів свідчать про поширення явища інфекційного вилягання, яке є однією з головних причин загибелі молодих рослин. Основними збудниками інфекційного вилягання сіянців *C. bignonioides* є гриби роду *Fusarium spp.*, а також інші ґрунтові фітопатогени, які можуть зберігатися в субстраті, на рослинних рештках або на поверхні насіння. Наявність пато-

генних мікроорганізмів у зоні проростання значно ускладнює процес вирощування сіянців і потребує впровадження ефективних заходів фітосанітарного контролю.

За нашими попередніми дослідженнями з'ясовано, що сіянці *C. bignonioides* мають низьку толерантність до збудників інфекційного вилягання, які зумовлюють гриби родів *Fusarium spp* і *Alternaria spp.* [17]. Тому для попередження полягання сіянців, застосовували дворазове обприскування сіянців *Catalpa bignonioides* фунгіцидом "Імпакт К".

Збережуваність сіянців оцінювали як виражену у відсотках частку збережених рослин від загальної кількості сходів. За нашими дослідженнями, масовий відпад сіянців тісно корелює з етапом проросток-ювенільна рослина.

Як видно з даних таблиці 4, в усіх варіантах досліду частка життєздатних сходів *C. bignonioides* поступово зменшувалася, незважаючи на двократне застосування фунгіциду.

На підставі отриманих результатів дослідження встановлено наявність чітко вираженої тенденції: найбільший рівень відпаду сходів *Catalpa bignonioides* зафіксовано у варіанті з використанням дрібного насіння. Зокрема, на 30-ту добу експерименту частка життєздатних сходів становила 66 % від загальної кількості, тимчасом на 90-ту добу цей показник знизився до 42,6 %. Отримані дані свідчать про те, що сіянці, вирощені з дрібного насіння, характеризувалися майже повною відсутністю резистентності до збудників інфекційного вилягання. Незважаючи на застосування сучасних засобів захисту рослин, спостерігалось поступове та стабільне зниження частки життєздатних особин.

Під час проведення інвентаризації сіянців, отриманих із насіння середньої та крупної фракцій, встановлено істотно нижчий темп відпаду рослин на 30-ту добу досліду або повну його відсутність. Найбільш чітко ця тенденція простежується у варіанті з використанням насіння крупної фракції, де на 90-ту добу досліду відпад практично не спостерігався.

Таблиця 4 – Динаміка частки життєздатних сіянців *Catalpa bignonioides*, залежно від фракції насіння

Фракція	% пророслого насіння	Кількість сіянців			
		перед пікіровкой (30 діб), шт.	%	висаджування у відкритий ґрунт (90 діб), шт.	%
дрібна	47	31	66,0	20	42,6
середня	84	80	95,2	78	92,9
крупна	92	89	96,7	89	96,7

Висновки. Аналіз експериментальних даних дає підстави зробити висновки щодо впливу фракційного складу насіння на посівні якості та ростові показники сіянців *Catalpa bignonioides*.

За результатами досліджень встановлено, що насіння катальпи за своїми морфометричними та ваговими показниками поділяється на три фракції, а саме: дрібну, середню та крупну.

Встановлено пряму залежність між лінійними розмірами насіння і масою 1000 штук.

Фракції, що формують насіннєвий матеріал, характеризуються неоднаковими посівними якостями. Найвищі показники якості (енергія проростання, схожість, сила росту) зафіксовано у фракції з розмірами $3,17 \times 0,5$ см.

Результати досліджень засвідчили варіативність тривалості періоду проростання насіння *C. bignonioides*, яка коливалася в межах від 15 до 25 діб. Встановлено пряму залежність між фракційним складом насіння та тривалістю його проростання: зі зменшенням розміру фракції спостерігалось збільшення тривалості проростання.

Загалом, у лабораторних умовах відсоток пророслого насіння залежно від фракції становив у середньому від 62 до 97 %. Схожість насіння у ґрунтових умовах була дещо нижчою порівняно з лабораторними показниками та варіювала залежно від фракції в межах від 47 до 92 %.

Встановлено, що за показниками ґрунтової схожості насіння середньої та крупної фракції наближається до нормативних вимог, установлених ДСТУ, і відповідає першому класу якості. Натомість насіння дрібної фракції задовольняє лише вимоги, характерні для третього класу якості.

Визначено, що сходи з крупного насіння з'являються раніше і дружніше, тому і сіянці мали кращі морфометричні показники та випереджали в онтогенетичному розвитку сіянці з дрібного насіння.

Дослідження морфометричних показників сходів катальпи виявило пряму залежність між розміром насіння та розмірами сім'ядольних листків: зі збільшенням фракції насіння спостерігалось зростання середніх значень розміру сім'ядольного листа. Застосування насіння найбільшої фракції забезпечувало інтенсивніший ріст надземної частини рослин, що супроводжувалось достовірним збільшенням площі фотосинтезуючої поверхні. Отримані дані свідчать про перспективність використання насіння максимально великої фракції у технологіях вирощування

інтродукованих рослин, орієнтованих на підвищення продуктивного потенціалу рослин.

Результати досліджень свідчать, що сіянці вирощені з дрібного насіння характеризувалися майже повною відсутністю резистентності до збудників інфекційного вилягання. Незважаючи на застосування сучасних засобів захисту рослин, спостерігалось поступове та стабільне зниження частки життєздатних особин.

Отже, запропонована методика фракційного поділу насіння може бути рекомендована для впровадження у практику декоративного розсадництва. Її застосування дає змогу ще на етапі посіву прогнозувати кількість та якість майбутнього посадкового матеріалу, що сприяє підвищенню ефективності вирощування сіянців *Catalpa bignonioides*.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат А.Г. Порівняння морфометричних показників рослин *Catalpa bignonioides* Walt. за різних умов урбогенного навантаження. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2024. Вип. 105. Ч. 1. С. 73–83. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-73-83
2. Phylogenomics and biogeography of *Catalpa* (Bignoniaceae) reveal incomplete lineage sorting and three dispersal events / W. Dong et al. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2022. Vol. 166. 107330 p. DOI: 10.1016/j.ympev.2021.107330
3. Кухарська М.О. Представники роду *Catalpa* Scop. у зелених насадженнях міста Києва. *Наук. вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. № 147. С. 34–41.
4. Quality grade evaluation and related antioxidant activity research of different medicinal parts of *Catalpa* fruit / W. Xiao et al. *Anal Methods*. 2022. Vol. 14(32). P. 3134–3144. DOI: 10.1039/D2AY00919F
5. Бессонова В.П., Гулько С.О. Вплив урбогенних умов зростання *Catalpa bignonioides* на морфометричні показники листків і вміст у них пластидних пігментів. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2024. Вип. 3(54). С. 150–161. DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.22
6. Кульбіцький В.Л., Шлапак В.П. Коренетворна здатність здерев'янілих живців видів роду *Catalpa* Scop. в умовах Правобережного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25(6). С. 58–64.
7. Кульбіцький В.Л., Шлапак В.П., Масловата С.А. Регенераційна здатність зелених живців видів роду *Catalpa* Scop. у Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Вип. 28(10). С. 9–12. DOI: 10.15421/40281001
8. Грицай З.В., Денисенко О.Г. Насіннєва продуктивність деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства. *Вісник Дніпропетровського університету*.

Біологія. Екологія. 2011. Вип. 19. Т. 2. С. 40–44. DOI: 10.15421/011124

9. Khurana E., Singh J.S. Influence of seed size on seedling growth of *Albizia procera* under different soil water levels. *Annals of Botany*. 2000. Vol. 86. Issue 6. P. 1185–1192. DOI: 10.1006/anbo.2000.1288

10. Climate change strengthens selection for mast seeding in european beech / M. Bogdziewicz et al. *Current Biology*. 2020. Vol. 30. Issue 17. P. 3477–3483. DOI: 10.1016/j.cub.2020.06.056

11. Леппик М.В. Характеристики плодоношення рослин *Catalpa bignonioides* за умов забруднення навколишнього середовища. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2008. Вип. 16. Т. 1. С. 141–146. DOI: 10.15421/010824

12. Гридько О.О. Життєздатність та морфометричні параметри насіння декоративних злаків, інтродукованих в Донецький ботанічний сад НАН України. Промислова ботаніка. 2008. Вип. 8. С. 201–206.

13. Кульбіцький В.Л. Насіннєве розмноження *Catalpa Speciosa* Ward. Ex Engelm., *C. Bignonioides* Walt., *C. Jvata* Don. в умовах культури у Правобережному Лісостепу України. Науковий вісник НЛТУ України. 2005. Вип. 15(1). С. 49–53.

14. Кухарська М.О. Особливості насіннєвого розмноження *Catalpa speciosa* Ward., *C. bignonioides* Walt., *C. hybrida* Spaeth. в умовах культури міста Києва. Науковий вісник НУБіП України. 2010. № 152. Ч. 2. С. 391–397.

15. Токмань В.С., Мельник А.В. Технологічні особливості вирощування садивного матеріалу *Catalpa bignonioides* Walt. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 478–497. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-478-497

16. Гаврилюк О.С. Короткий порівняльний аналіз вирощування рослин виду *Catalpa bignonioides* Walt. в контейнерах та ґрунтових умовах району інтродукції. Збірник наукових матеріалів СХІВ міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Нові напрями розвитку науки під час воєнного стану». Одеса, 2022. С. 96–101.

17. Булат А.Г. Індукування стійкості сіянців *Catalpa bignonioides* до інфекційного вилягання шляхом внесення фунгіцидів. Науковий вісник НЛТУ України. 2025. Вип. 35(3). С. 9–15. DOI: 10.36930/40350301

18. Pošta D.S., Rózsa S., Gocan T.M. Studies on the stimulation of *Catalpa bignonioides* Walt. seed germination. *Current Trends in Natural Sciences*. 2021. Vol. 10. Issue 20. P. 172–178. DOI: 10.47068/ctns.2021.v10i20.023

19. Гавриленко Н.О. Інтродукційна характеристика деревних листяних рослин – созофітів світової флори при культивуванні на півдні України. Біологія та екологія. 2018. 5(2). С. 9–17. DOI: 10.5281/zenodo.2365093

20. ДСТУ 8558:2015. Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності). Київ:

Держспоживстандарт України. 2017. 87 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71707

21. ДСТУ 5036:2008. Насіння дерев та кущів. Методи відбирання проб, визначення чистоти, маси 1000 насінин та вологості. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 46 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91681

22. Ромакін В.В. Комп'ютерний аналіз даних: навч. посіб. Миколаїв: Видавництво МДГУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.

REFERENCES

1. Bulat, A.G. (2024). Porivnyannya morfometrychnykh pokaznykiv roslin *Catalpa bignonioides* Walt. za riznykh umov urbohennoho navantazhennya [Comparison of morphometric parameters of *Catalpa Bignonioides* Walt. plants under different conditions of urbogenic load]. *Zbirnyk naukovykh prats' Umans'koho NUS* [Journal of Uman National University of Horticulture]. Issue 105, Part 1, pp. 73–83. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-73-83

2. Dong, W., Liu, Y., Li, E., Xu, C., Sun, J., Li, W., Zhou, S., Zhang, Z., Suo, Z. (2022). Phylogenomics and biogeography of *Catalpa* (Bignoniaceae) reveal incomplete lineage sorting and three dispersal events. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 166, 107330 p. DOI: 10.1016/j.ympev.2021.107330

3. Kuharska, M.O. (2010). Predstavnyky rodu *Catalpa* Scop. u zelenykh nasadzhennyakh mista Kyieva [Representatives of the genus *Catalpa* Scop. in the green spaces of the city of Kyiv]. *Nauk. visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny* [Sciences. Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]. Vol. 147, pp. 34–41.

4. Xiao, W., Gong, D., Li, X., Guo, P., Sun, G. (2022). Quality grade evaluation and related antioxidant activity research of different medicinal parts of *Catalpa* fruit. *Anal Methods*. Vol. 14(32), pp. 3134–3144. DOI: 10.1039/D2AY00919F

5. Bessonova, V., Hunko, S. (2024). Vplyv urbohenykh umov zrostannya *Catalpa Bignonioides* na morfometrychni pokaznyky lystkiv i vmist u nykh plastydykh pihmentiv [The influence of urbogenic growth conditions of *Catalpa bignonioides* on the morphometric indicators of leaves and the content of plastid pigments in them]. *Naukovo-praktychnyy zhurnal «Ekolohichni nauky»* [Scientific and practical journal «Ecological Sciences»]. Issue 3(54), pp. 150–161. DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.22

6. Kulbitskyi, V.L., Shlapak, V.P. (2015). Korenetvorna zdattist zderevianilykh zhyvtsiv vydiv rodu *Catalpa* Scop. v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The capacity of root formation of the wooden cuttings under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 25(6), pp. 58–64.

7. Kulbitskyi, V.L., Shlapak, V.P., Maslovata, S.A. (2018). Reheneratsiyna zdattist' zelenykh zhyvtsiv

vydiv rodu *Catalpa* Scop. u Pravoberezhnomu Liso-stepu Ukrayiny [Regenerative ability of green grafts of varieties of *Catalpa* Scop genus in the Right-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny* [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 28(10), pp. 9–12. DOI: 10.15421/40281001

8. Gritzay, Z.V., Denisenko, A.G. (2011). Nasin-neva produktyvnist' derevnykh roslin v umovakh zabrudnennya navkolyshn'oho seredovyscha vyky-damy metalurhiynoyi promyslovosti [Seed produc-tion of woody plants in conditions of environment pollution by metallurgical industry emissions]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho universytetu. Biolo-hiya. Ekolo-hiya* [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology]. Vol. 19, no. 2, pp. 40–44. DOI: 10.15421/011124

9. Khurana, E., Singh, J.S. (2000). Influence of seed size on seedling growth of *Albizia procera* under different soil water levels. *Annals of Bota-ny*. Vol. 86, Issue 6, pp. 1185–1192. DOI: 10.1006/anbo.2000.1288

10. Bogdziewicz, M., Kelly, D., Tanentzap, A.J., Thomas, P.A., Lageard, J.G.A., Hacket-Pain, A. (2020). Climate change strengthens selection for mast seeding in european beech. *Current Biology*. Vol. 30, Issue 17, pp. 3477–3483. DOI: 10.1016/j.cub.2020.06.056

11. Leppik, M.V. (2008). Kharakterystyka plodonoshennya roslin *Catalpa bignonioides* za umov zabrudnennya navkolyshn'oho seredovyscha [Characteristics of fruiting of *Catalpa bignonioides* under conditions of environmental pollution]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho universytetu. Biolo-hiya, Ekolo-hiya* [Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biolo-gy. Ecology]. Vol. 16, no. 1, pp. 141–Grydko, O.O. (2008). Zhyttiezdatnist ta morfometrychni parametry nasinnia dekoratyvnykh zlakiv, introdukovanykh v Donetskyyi botanichnyi sad NAN Ukrainy [Viability and morphometric parameters of seeds of the orna-mental grasses introduced to the Donetsk botanical gardens, Nat. Acad. Sci. of Ukraine]. *Promyslova botanika* [Industrial botany]. no. 8, pp. 201–206.

12. Kulbickij, V.I. (2005). Nasinnyeve rozmnozhenhnyya *Satalpa speciosa* Ward. Ex Engelm., *C. Bignonioides* Walt., *C. Jvata* Don. v umovakh kul'tury u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrayiny. [Seminal reproduction *Catalpa speciosa* Ward. Ex Engelm., *C. Bignonioides* Walt., *C. Ovata* Don. in the conditions of culture in to right-bank Forest-steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny* [Scientific Bulle-tin of UNFU]. Vol. 15, no. 1, pp. 49–53.

13. Kukharska, M.O. (2010). Osoblyvosti nasin-nyevoho rozmnozhennya *Satalpa speciosa* Ward., *C. bignonioides* Walt., *C. hybrida* Spaeth. v umovakh kul'tury mista Kyyeva [Peculiarities of seed propa-gation of *Catalpa speciosa* Ward., *C. bignonioides* Walt., *C. hybrida* Spaeth. in the conditions of culture of the city of Kyiv]. *Naukovyy visnyk NUBiP Ukray-iny* [Scientific Bulletin of the NUBiP of Ukraine]. no. 152, Part 2, pp. 391–397.

14. Tokman, V.S., Melnyk, A.V. (2020). Tekh-nolohichni osoblyvosti vyroshchuvannya sadyvnoho materialu *Catalpa bignonioides* Walt [Technologi-cal features of *Catalpa bignonioides* Walt planting]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS* [Collec-tion of scientific works of Uman National University of Horticulture]. Issue 105, Part 1, pp. 478–497. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-478-497

15. Gavrilyuk, O.S. (2022). Korotkyi porivnial-nyi analiz vyroshchuvannya roslin vydu *Catalpa big-nonioides* Walt. v konteinerakh ta gruntovykh umovakh raionu introduktsii [Brief comparative analysis of the cultivation of plants of the species *Catalpa big-nonioides* Walt. in the container and soil conditions of the introduction area]. *Zbirnyk naukovykh materi-aliv CXIV Mizhnarodnoi internet-konferentsii «Novi napriamy rozvytku nauky pid chas voiennoho stanu»* [Collection of scientific materials CXIV internation-al scientific and practical Internet conference "New directions of science during martial law"]. Odesa, pp. 96–101.

16. Bulat, A.G. (2025). Indukuvannya stiikosti siiantsiv *Catalpa bignonioides* do infektsiinoho vylia-hannia shliakhom vnesennia funhitsydiv [Induction of *Catalpa bignonioides* seedling resistance to dungling off by fungicide treatment]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny* [Scientific Bulletin of UNFU]. Issue 35(3), pp. 9–15. DOI: 10.36930/40350301

17. Pošta, D.S., Rózsa, S., Gocan, T.M. (2021). Studies on the stimulation of *Catalpa bignonioides* Walt. seed germination. *Current Trends in Natu-ral Sciences*. Vol. 10, Issue 20, pp. 172–178. DOI: 10.47068/ctns.2021.v10i20.023

18. Havrylenko, N.O. (2018). Introduktsiyna kharakterystyka derevnykh lystyanykh roslin – so-zofitiv svitovoyi flory pry kul'tyvuvanni na pivdni Ukrayiny [Introduction characteristics of woody de-ciduous plants-sozophytes of world flora with culti-vation in the south of Ukraine]. *Biolo-hiya ta ekolo-hiya* [Biology & ecology]. Vol. 5, no. 2, pp. 9–17. DOI: 10.5281/zenodo.2365093

19. DSTU 8558:2015. Nasinnia derev i kush-chiv. Metody vyznachennia posivnykh yakosti (sk-hozhosti, zhyttiezdatnosti, dobroiakisnosti) [DSTU 8558:2015. Seeds of trees and shrubs. Methods for seed testing (germination, viability, benign)]. Kyiv, State Standard of Ukraine 2017, 87 p. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71707

20. DSTU 5036:2008. Nasinnia derev ta kush-chiv. Metody vidbyrannia prob, vyznachannia chystoty, masy 1000 nasynyn ta volohosti [DSTU 5036:2008. Seeds of trees and shrubs. Methods for sampling, determination of purity, weight of 1,000 seeds, and moisture content]. Kyiv, State Standard of Ukraine, 2009, 46 p. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91681

21. Romakin, V.V. (2006) Komp'yuternyy anal-iz danykh: navch. posib. [Computer data analysis]. Mykolaiv, MDHU im. Petra Mohyly, 144 p.

The effect of seed fraction on germination and morphogenesis of *Catalpa bignonioides* seedlings Bulat A.

In 2025, a study was conducted to study the influence of the sowing qualities of *Catalpa bignonioides* seeds depending on its fractional composition.

For a more in-depth analysis of the effect of morphological characteristics on the sowing qualities of catalpa seeds, the seed material was fractionated according to size and absolute mass. Three fractions were identified: small; medium and large.

A direct correlation between seed fraction and germination duration has been identified: the smaller the seeds, the longer the germination period.

In laboratory studies, seed fractions of different size showed different germination energy. The highest rate (89 %) was recorded in the variant with a large fraction. The average fraction also demonstrated a relatively high germination energy of 78 %. In contrast, small-sized seeds had a much lower rate – only 11 %.

The highest percentage of soil germination was noted in the variant with sowing of large fraction seeds – 92 %. In terms of germination rate, the seeds of this fraction approach the regulatory requirements of DSTU, corresponding to the first quality class. Seeds of the medium fraction also demonstrated high

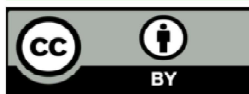
soil germination – 84 %. The lowest germination rate was observed in small fraction seeds – only 47 %, which corresponds to the third class of seed quality.

The use of the largest fraction seeds provided more intensive growth of the above-ground part of plants, which was accompanied by a significant increase of the photosynthetic surface area. The data obtained indicate the prospects of using the largest fraction seeds in technologies for growing introduced plants, focused on increasing plant productivity.

When conducting an inventory of seedlings obtained from medium and large fraction seeds, a significantly lower rate of plant loss was observed on the 30th day of the experiment, or its complete absence. This trend is most clearly observed in the variant using large seed fractions, where on the 90th day of the experiment there was practically no loss.

Thus, the proposed technique of fractional seed separation can be recommended for implementation in ornamental seedling production. Its application makes it possible at the sowing stage to predict the quantity and quality of future planting material, which contributes to increasing the efficiency of growing seedlings of *Catalpa bignonioides*.

Key words: germination, seedling, germination energy, seed fractionation, assimilating surface, soil germination, morphometric indicators.



Copyright: Булат А.Г. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:
Булат А.Г.

<https://orcid.org/0000-0001-9682-4220>

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 502.1:504.062(477.43)

Аналіз стану природно-заповідного фонду Білоцерківщини

Крупа Н.М. , Олешко О.Г. , Вашук Ю.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Крупа Н.М., Олешко О.Г., Вашук Ю.В.
Аналіз стану природно-заповідного фонду
Білоцерківщини. «Агробіологія», 2025.
№ 2. С. 293–306.

Krupa N., Oleszko O., Vashchuk Yu. Analy-
sis of the state of the nature reserve fund of
Bila Tserkva district. «Agrobiology», 2025.
no. 2, pp. 293–306.

Рукопис отримано: 01.10.2025 р.
Прийнято: 16.10.2025 р.
Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-293-306

Території та об'єкти, що знаходяться під охороною, забезпечують збереження біологічного й ландшафтного різноманіття, типових і унікальних природних комплексів та культурної спадщини нашої держави. Для ефективного розвитку регіональної екологічної мережі важливим є здійснення аналізу територіальних та внутрішньоструктурних показників природно-заповідного фонду, виявлення основних проблем його функціонування. У статті наведено результати аналізу сучасного стану природно-заповідного фонду Білоцерківського району Київської області та міста Біла Церква. До складу фонду входять природні об'єкти трьох категорій: 5 заповідних урочищ, 16 заказників, 14 пам'яток природи, а також дві категорії штучних об'єктів: дендрологічний парк, 5 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва. Загальна площа заповідних територій Білоцерківщини становить 3061,15 га (0,47 % від загальної адміністративної площі району). До об'єктів загальнодержавного значення належать ботанічна пам'ятка природи «Круглик» та державний дендрологічний парк «Олександрія» НАНУ – один з найстаріших парків України, який має величезну наукову, історичну та рекреаційну цінність. Значна частина площі заповідних територій припадає на території і об'єкти місцевого значення. За площею і структурою переважають заказники й заповідні урочища, що забезпечують збереження ключових біотопів і окремих видів рослин і тварин. Заповідні урочища Білоцерківщини характеризуються високою флористичною різноманітністю та сприяють збереженню гідрологічного балансу. Заказники місцевого значення (гідрологічні, лісові, орнітологічні, ботанічні) виконують функції збереження окремих складових екосистем. Пам'ятки природи охороняють унікальні насадження, старовікові дерева, природні джерела з болотистими луками. Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва («П'ятигірський», «Томилівський», «Дубовий гай», «Ставищанський», «Чагари») виконують екологічні, естетичні, рекреаційні та культурні функції. На основі проведених досліджень визначено ключові напрями розвитку природно-заповідного фонду регіону: створення нових об'єктів різних категорій; формування екологічної мережі регіону; проведення комплексної інвентаризації об'єктів ПЗФ із залученням науковців; цілеспрямоване виявлення перспективних для заповідання територій тощо.

Ключові слова: природно-заповідний фонд (ПЗФ), території та об'єкти ПЗФ, біорізноманіття, категорії природно-заповідного фонду, природоохоронні території, м. Біла Церква, Білоцерківський район.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття є одним із пріоритетних завдань екологічної політики України. Природно-заповідний фонд (ПЗФ) України включає території і об'єкти, які мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та освітню цінність. Його створення і функціонування спрямоване на збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, генетичного фонду живої природи, типових і унікальних природних комплексів нашої держави [7, 11, 13, 26].

Відповідно до законодавства, ПЗФ України поділяється на території загальнодержавного та місцевого значення. ПЗФ поділяється на 11 категорій, які об'єднуються у дві групи. Перша група об'єднує природні території та об'єкти – біосферні заповідники, природні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заповідні урочища, заказники, пам'ятки природи. До групи штучно створених об'єктів ПЗФ входять наступні категорії: дендропарки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, зоопарки та ботанічні сади [7, 8, 18]. Різні категорії ПЗФ передбачають різні види діяльності та управління, охоронні режими (табл. 1).

Питання формування і розвитку природно-заповідного фонду висвітлено у працях: М.Д. Гродзинського [13, 8, 18], Я.С. Бовта [2], О.В. Василюка [7, 8], В.В. Дідика [16], Р.Б. Дудина [17], Є.І. Іваненка [20] та ін. Аналізу функціонування територій та об'єктів природно-заповідного фонду на території Київської області присвячені праці В. Є. Борейка та ін. [6], Н.С. Бойко [3–5], В.Г. Гребня [28], О.В. Василюка [27], О.М. Гавриленка [9], В.П. Гаврилюка [10]. Більшість наукових праць орієнтовані на дослідження географічного розташування об'єктів природно-заповідного фонду або їх оцінку. Незважаючи на вагомість здійснених досліджень, проблеми розвитку територій та об'єктів природно-заповідного фонду вивчені недостатньо.

До складу природно-заповідного фонду України входять 8246 територій та об'єктів площею 3,98 мільйона гектарів (6,6 % загальної площі країни), однак спостерігається значне коливання цього показника за адміністративними регіонами [15, 20]. Враховуючи велику різноманітність природних умов України, важливого значення набуває питання пропорційності розміщення природоохоронних територій та регіонального підходу до вирішення цього завдання.

Таблиця 1 – Характеристика категорій природно-заповідного фонду України

Категорія об'єкта	Характеристика	Вид управління й охорони
Природні заповідники	Території з найвищим рівнем охорони, де заборонена будь-яка господарська діяльність	Збереження природних екосистем без втручання в природні процеси
Біосферні заповідники	Частина міжнародної мережі UNESCO «Людина і біосфера (МАБ)»	Збереження в природному стані найбільш типових природних комплексів біосфери, екологічний моніторинг стану довкілля
Національні природні парки (НПП)	Великі території, поєднують охорону природи, рекреацію, туризм, освіту	Збереження екосистем, забезпечення рекреації
Регіональні ландшафтні парки (РЛП)	Території з меншим рівнем обмежень, ніж у НПП	Збереження природних і культурних ландшафтів
Заказники	Ділянки, які охороняються з метою збереження певних природних компонентів	Охорона рідкісних видів, біотопів, водойм
Пам'ятки природи	Окремі природні утворення (скелі, джерела, вікові дерева)	Збереження унікальних природних об'єктів
Заповідні урочища	Комплекси природних територій із типовими екосистемами	Охорона природних лісових, лучних, болотних масивів
Ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки	Спеціалізовані науково-дослідні установи	Збереження генофонду рослин і тварин, екопросвіта
Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва	Історичні та декоративні парки	Збереження культурної спадщини, видатних зразків садово-паркового мистецтва

Джерела: [8, 18].

Згідно із Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» площа земель природно-заповідного фонду має бути збільшена до 15 % від загальної території країни, а площу земель природно-заповідного фонду загальнодержавного значення планується збільшити з 2,24 до 8,85 відсотків від загальної площі території країни [19].

Вирішення цих завдань передбачає як розширення площ уже наявних територій та об'єктів ПЗФ, так і створення нових, якому має передувати виявлення перспективних для заповідання територій, їх обстеження та підготовка наукових обґрунтувань з включення об'єктів або територій до природно-заповідного фонду України [8, 18].

Білоцерківський район та місто Біла Церква розташовані в центральній частині Київської області, в межах Придніпровської височини, що належить до лісостепової зони України. Територія регіону характеризується значним природним потенціалом, який представлений різноманітними ландшафтами, екосистемами (лісові, водно-болотні, степові ділянки та водні екосистеми як компоненти природних ландшафтів, що характеризуються різними типами ґрунтів, водних ресурсів, видами рослин і тварин, серед яких десятки видів, які потребують охорони, та занесені до Червоної книги України [1, 23]. Це створює передумови для формування багатого біорізноманіття на території району, частина якого охороняється в межах об'єктів природно-заповідного фонду [1, 29].

Актуальність дослідження пов'язана з тим, що для подальшого ефективного розвитку природно-заповідного фонду (ПЗФ) регіону важливо здійснити аналіз територіальних та внутрішньоструктурних показників. Систематизувати дані про сучасний стан заповідних територій регіону, оцінити їх роль у збереженні біорізноманіття та потенціалу для розвитку екологічного туризму, екологічної освіти та наукових досліджень. Особливої значущості набуває аналіз проблем функціонування об'єктів ПЗФ в умовах інтенсивного антропогенного навантаження та динамічних змін довкілля, а також розробка рекомендацій щодо оптимізації мережі природоохоронних територій у контексті формування регіональної екологічної мережі.

Мета дослідження – провести аналіз сучасного стану, структури, функціональних особливостей та екологічної цінності природно-заповідного фонду м. Біла Церква та Білоцерківського району.

Матеріал і методи дослідження. Під час проведення дослідження використано методи: аналізу законодавчих документів органів влади різного рівня, щодо створення, скасування чи зміни меж заповідних об'єктів Київщини; порівняльно-географічний метод – для просторової оцінки розміщення об'єктів; екологічної оцінки – для визначення природної, естетичної та наукової цінності об'єктів, абстрактно-логічний метод – для обґрунтування наукових висновків, аналізу та синтезу інформації; метод статистичної обробки даних – для аналізу кількісних характеристик ПЗФ та їхньої динаміки.

Результати дослідження та обговорення. Природно-заповідний фонд (ПЗФ) Білоцерківського району характеризується розгалуженою мережею об'єктів різних категорій. Станом на 2025 р. у межах м. Біла Церква та Білоцерківського району Київської області функціонує понад 40 об'єктів природно-заповідного фонду різних категорій, загальною площею близько 3061,15 га. До складу фонду входять природні об'єкти трьох категорій: 5 заповідних урочищ (загальна площа 6,93 км²); 16 заказників (загальна площа 16,5 км²); 14 пам'яток природи (загальна площа 2,03 км²). Серед штучних об'єктів ПЗФ регіону наявні дві категорії: дендрологічний парк загальнодержавного значення (загальна площа 4,1 км²); 5 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва (загальна площа 1,07 км²).

Структура природно-заповідного фонду регіону за категоріями і площами представлена в таблиці 2.

Відсоток заповідності Білоцерківщини становить приблизно 0,47 % від загальної адміністративної площі району (651 480 га), оскільки більшість об'єктів ПЗФ – пам'ятки природи та заказники, які мають малі площі. За цим показником регіон має надто низькі позиції, адже середній відсоток заповідності Київської області становить в середньому 10,42 %, випереджаючи середній показник по країні (який становить менше 7 %) [30].

Із категорій ПЗФ, де встановлений суворий режим заповідності, в природно-заповідному фонді Білоцерківщини наявні заповідні урочища, частка яких становить 22,6 % від площі ПЗФ регіону. На решті територій і об'єктів ПЗФ діє регульований заповідний режим.

Якісний склад природно-заповідного фонду регіону включає 5 категорій природно-заповідних територій, відповідно до класифікації, прийнятої в Україні, і знаходиться на достатньому рівні.

Таблиця 2 – Структура природо-заповідного фонду (оцінка за категоріями і площами) м. Біла Церква та Білоцерківського району

Категорія об'єктів ПЗФ	Кількість	Площа, га	Частка від загальної площі ПЗФ, %	Оцінка екологічної, культурної, естетичної цінності
Заповідні урочища	5	693,0	22,6 %	Висока: збереження вікових дубових і грабових насаджень, лісові та болотні екосистеми
Заказники місцевого значення	19	1652,1	54,0 %	Дуже висока: представлений широкий спектр лісових, гідрологічних, ботанічних, орнітологічних типів
Пам'ятки природи	14	202,65	6,6 %	Середня: переважають окремі вікові дерева, геологічні утворення, джерела
Дендрологічні парки	1	406,0	13,3 %	Дуже висока: парк «Олександрія» має міжнародне науково-естетичне значення
Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва	5	107,4	3,5 %	Висока: культурно-ландшафтна спадщина XVIII–XIX ст.
Разом	44	3061,15	100 %	—

До об'єктів загальнодержавного значення належать – Ботанічна пам'ятка природи «Круглик» та Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАНУ, це 13,7 % від загальної площі ПЗФ Білоцерківщини. Значна частина цієї площі припадає на території і об'єкти місцевого значення, яких налічується 42 (табл. 3).

За площею переважають заказники місцевого значення та заповідні урочища (76,6 %), що забезпечує збереження ключових біотопів і окремих видів (включаючи ті, що занесені до Червоної книги України).

Заповідні урочища. У Білоцерківському районі функціонує 5 заповідних урочищ площею 693 га. Найбільш цінним є урочище «Турчино» (327 га) з віковими дубами (до 410 років) і «Дідодубом» віком понад 700 років. Урочища «Теліжинецький ліс» та «Малишки» характеризуються високою флористичною різноманітністю та сприяють збереженню гідрологічного балансу.

Заказники місцевого значення. Це найбільш представлена категорія ПЗФ району. 19 заказників загальною площею 1652,1 га виконують функції збереження різних типів екосистем, важливі для збереження біорізноманіття території. Серед них виділяють:

1. гідрологічні заказники: «Бабині лози», «Дулицьке» підтримують унікальні водноболотні угіддя;

2. лісові: «Володарська дача», «Михайлівська дача», «Улашівська дача» – забезпечують стабільність лісових біогеоценозів;

3. орнітологічні: «Саварка», «Стадницький став» – місця гніздування сірої чаплі (понад 100 пар);

4. ботанічні: «Сухоліський», «Урочище Дубина» – охороняють популяції червонокнижних видів: підсніжник, рябчик шаховий, ведмежа цибуля.

Пам'ятки природи. Налічують 14 об'єктів загальною площею 202,65 га. Особливу наукову та естетичну цінність мають вікові дерева: «Дідодуб», «Дуб Семена Палія», «Дуб Володар», «Липа кохання». Гідрологічна пам'ятка «Кошівські джерела» охороняє унікальні природні джерела з болотистими луками [9, 28].

Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України. Площа 406 га. Один з найстаріших і найвідоміших парків України (заснований у 1788 р.). Має величезну наукову, історичну та рекреаційну цінність. Генетичний фонд деревних і трав'яних рослин дендропарку «Олександрія» є Національним надбанням України (з 2002 р.) та нараховує понад 3000 таксонів [3–4, 14, 25]. В дендрологічному парку зростає понад 500 видів деревних інтродукованих дерев та кущів з Північної Америки, Приамур'я, Китаю, Японії та Європи, які мають велике значення для проведення інтродукційних досліджень у регіоні.

Таблиця 3 – Території та об'єкти природно-заповідного фонду м. Біла Церква та Білоцерківського району Київської області

№ п/п	Назва природо-охоронної території, об'єкта	Статус (загальнодержавного або місцевого значення)	Дата створення	Розташування	Загальна площа/Площа території під суворого заповідністю, га	Об'єкт охорони, значення
1	2	3	4	5	6	7
Заповідні урочища						
1	«Малишки»	Місцевого значення	17.06.2010 р.	Биковотребельська селищна рада, Білоцерківський р-н	142,0/142,0	Неглибокий розгалужений яр, схили якого вкриті насадженнями дуба та ясеня на штучного походження
2	«Ревуха»	Місцевого значення	19.09.1968 р.	Розкішнянська селищна рада, Ставищенський р-н	56,2/56,2	Високопродуктивні дубові насадження насінневого походження віком близько 120 років
3	«Теліжинський ліс»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Тетіївська міська громада, Тетіївський р-н	177,0/177,0	Система боліт, вкрита дубово-грабовим лісом, сприятливі умови для збереження багатогір'я та фауни регіону
4	«Гурчино»	Місцевого значення	05.10.2000 р.	Медвинська селищна рада, ДП «Богуславське лісове господарство»	327,0/327,0	Вікові дерева – дуби, модрина та ялини віком від 110 до 410 років
5	«Чагарі»	Місцевого значення	17.06.2010 р.	Антонівська селищна рада, Сквирський р-н	47,0/47,0	Природний комплекс, що включає лісові насадження та різноманітну флору і фауну, характерні для цієї місцевості
Заказники						
6	Гідрологічний заказник «Бабині лози»	Місцевого значення	03.10.1994 р.	Стадницька селищна рада, Тетіївський р-н	20,0/0	Типовий водно-болотний ландшафт в заплаві р. Гнилий Тікич
7	Лісовий заказник «Бупівський»	Місцевого значення	01.12.1987 р.	с. Бушеве, Білоцерківський р-н	148,0/0	Цінні насадження сосни, дуба та модрина
8	Лісовий заказник «Володарська дача»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Володарська селищна рада, Білоцерківський р-н	213,0/0	Збереження 90-річних насаджень дуба звичайного на рівнинних ділянках
9	Гідрологічний заказник «Дулицьке»	Місцевого значення	21.06.2012 р.	Білоцерківський р-н	71,6/0	Збереження біорізноманіття на заболочених луках та вологих лісах вздовж р. Рославиці
10	Іхтіологічний заказник «Косівський»	Місцевого значення	27.03.2014 р.	Володарська селищна громада, Білоцерківський р-н	42,0	Охорона іхтіофауни р. Рось
11	Ландшафтний заказник «Лебединий»	Місцевого значення	24.11.2011 р.	Тетіївська міська рада	108,8	Унікальні водно-болотні екосистеми та рідкісні види флори і фауни

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
12	Ботанічний заказник «Лобачівський ліс»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Лобачівська селищна рада, Білоцерківський р-н	82,0	Охорона дубового лісу, рідкісних рослин
13	Лісовий заказник «Михайлівська дача»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Логвинська селищна рада, Білоцерківський р-н	209,0	Лісові культури дуба та сосни віком 70-120 років у заплаві р. Рось
14	Ландшафтний заказник «Попів хутір»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Білоцерківський р-н	80,0	Схили балок, заліснених грабовим лісом, трав'янистих червонокнижних рослин
15	Лісовий заказник «Пустоварівка»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Сквирський р-н	198,0	Дубово-липові та ясеневі-липові лісові культури
16	Орнітологічний заказник «Саварка»	Місцевого значення	12.01.1987 р.	Рокитнянський р-н	89,0	Унікальні місця гніздування чаплі сірої
17	Орнітологічний заказник «Стадницький став»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Стадницька селищна рада, Тетіївський р-н	71,6	Охорона важливих місць для гніздування водоплавних птахів
18	Ботанічний заказник «Стрижавський ліс»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Ставищенський р-н	248,0	Молоді лісові насадження, які створюють сприятливі умови для розвитку різних видів рослин і тварин
19	Ботанічний заказник «Сухолюбський»	Місцевого значення	17.06.2010 р.	Сухолюбське лісництво ДП «Білоцерківське лісове господарство», Рокитнянський р-н	15,1	Популяція червонокнижного виду <i>Fritillaria ruthenica</i> (рябчика шахового)
20	Лісовий заказник «Улашівська дача»	Місцевого значення	05.03.2002 р.	Таращанський р-н	133,0	Лісові культури дуба та сосни віком 70–120 років у заплаві р. Рось
21	Ботанічний заказник «Урочище Дубина»	Місцевого значення	26.11.1991 р.	Ставищенський р-н	29,0	Популяції рідкісних червонокнижних видів рослин: <i>Galanthus nivalis</i> (підсніжника звичайного), <i>Allium ursinum</i> (цибулі ведмежої)
22	Ландшафтний заказник «Урочище Кремень»	Місцевого значення	23.07.2009 р.	Тетіївська міська рада	72,0	Різноманітні природні ландшафти, включно лісові масиви та відкриті ділянки, що сприяє розвитку різних видів флори та фауни
23	Ландшафтний заказник «Урочище Мазепинці»	Місцевого значення	23.07.2009 р.	Тетіївська міська рада, Білоцерківський р-н	15,0	Лісові масиви з насадженнями дуба та граба (45–80 років)

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
24	Лісовий заказник «Уютне»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	Шаліївська селищна рада, Сквирський р-н	59,0	Насадження листяного лісу із домінуванням у деревостані ясеня, що є рідкісним для області
Пам'ятки природи						
25	Ботанічна пам'ятка «Круглик»	Загальнодержавного значення	20.08.1996 р.	м. Тетіїв	14,0	Еталонна ділянка флористично багатих листяних лісів (дубово-соснові формації), червонокнижні види: сон чорночотий, підсніжник звичайний
26	Ботанічна пам'ятка «Високопродуктивні соснові насадження»	Місцевого значення	19.08.1968 р.	Володарське лісництво ДП «Білоцерківське лісове господарство», Білоцерківський р-н	7,3	Високопродуктивні соснові насадження, які є прикладом стійких лісових екосистем
27	Ботанічна пам'ятка «Государ Великой Галичины»	Місцевого значення	22.06.2017 р.	Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАНУ, м. Біла Церква	0,01	Дерево дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i>), яке розташоване на Великій Галичині дендропарку, має значну природну та естетичну цінність
28	Ботанічна пам'ятка «Гінкго дволопате»	Місцевого значення	10.03.1994 р.	м. Сквир	0,02	Рідкісний екземпляр дерева гінкго дволопатевого (<i>Ginkgo biloba</i>)
29	Ботанічна пам'ятка «Дуб Володар»	Місцевого значення	03.02.2011 р.	Володарська селищна громада, Білоцерківський р-н	0,02	Вікове дерево дуба черешчатого
30	Ботанічна пам'ятка «Дуб Семена Палія»	Місцевого значення	22.06.2017 р.	Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН, м. Біла Церква	0,01	Старовинне дерево дуба черешчатого, розташоване поблизу р. Рось та пам'ятника Семену Палію
31	Ботанічна пам'ятка «Дідодуб»	Місцевого значення	22.06.2017 р.	Білоцерківський р-н	0,01	Вікове дерево дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i>), якому близько 700 років, має значну природну та історичну цінність
32	Гідрологічна пам'ятка «Кошівські джерела»	Місцевого значення	17.06.2010 р.	Кошівська сільська рада, Тетіївський р-н	178,9	Балка з численними природними джерелами, що формують локальний гідрологічний режим
33	Ботанічна пам'ятка «Липа коханья»	Місцевого значення	23.12.2016 р.	с. Рогізна, Сквирський р-н	0,02	Дерево липи віком 300 років. За легендою, її посадила дівчина в пам'ять про козака, якого кохала, вважається оберегом села
34	Ботанічна пам'ятка «Медвин дуб»	Місцевого значення	21.10.2010 р.	с. Медвин, Білоцерківський р-н	0,02	Вважається найстарішим деревом дуба Київської області

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
35	Комплексна пам'ятка «Мохове»	Місцевого значення	28.02.1972 р.	Лук'янівська селищна рада, Тарашанський р-н	0,3	Збереження цінних природних комплексів та підтримки біорізноманіття регіону
36	Ботанічна пам'ятка «Северинівський дуб»	Місцевого значення	25. 07.2019 р.	с. Северинівка, Тарашанський р-н	0,02	Збереження вікового дуба, який має значну природну та естетичну цінність
37	Ботанічна пам'ятка «Тюльпанові дерева»	Місцевого значення	05.10.2000 р.	м. Сквир	0,02	Збереження рідкісного виду <i>Liriodendron tulipifera</i> (ліріодендрон тюльпановий)
38	Геологічна пам'ятка «Щербак»	Місцевого значення	29.10.1979 р.	с. Щербак, Білоцерківський р-н	2,0	Виходи рідкісних гірських порід віком приблизно 1,57 млрд років
Дендрологічні парки						
39	Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАНУ	Загальнодержавного значення	22.07.1983 р.	м. Біла Церква	406,0	Один із найстаріших парків України, заснований у 1788 р. Є зразком пейзажного садово-паркового мистецтва кінця XVIII – початку XIX ст.
Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва						
40	«Дубовий гай»	Місцевого значення	23. 07.2009 р.	м. Тетіїв	29,8	Збереження цінних лісових дубових насаджень, які мають важливе екологічне та естетичне значення
41	«П'ятигірський»	Місцевого значення	18.12.1984 р.	с. П'ятигори, Білоцерківський р-н	29,8	Збереження цінних насаджень та ландшафтів штучного походження з віковими деревами сосни кримської, дуба червоного
42	«Ставищанський»	Місцевого значення	28.02.1972 р.	смт. Ставище,	11,1	Зразок паркової ландшафтної архітектури XVIII ст., де зростають цінні вікові дуби та липи
43	«Томилівський»	Місцевого значення	28. 02.1972 р.	Шкарівська сільська рада, Білоцерківський р-н	2,8	Створено з метою збереження цінних насаджень, де зростає 330 видів деревних і чагарникових порід, які не трапляються в навколишніх лісах. Має наукову та естетичну цінність
44	«Чагари»	Місцевого значення	23.07.2009 р.	м. Тетіїв	33,9	Збереження цінних лісових насаджень дуба звичайного

Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. До них належать «П'ятигірський», «Томилівський», «Дубовий гай», «Ставищанський», «Чагари». Ці парки виконують екологічні, рекреаційні та культурні функції, мають естетичне значення для ландшафтного обличчя району [5, 22, 24].

Біотичні компоненти та біорізноманіття природо-заповідного фонду території Білоцерківщини представлені:

1. лісовими масивами – дубові, дубово-грабові і соснові насадження (вікові дерева, рефугії для лісової фауни). Важливі осередки: «Турчино», «Теліжинецький ліс», «Михайлівська дача», «Стрижавський ліс»;

2. водно-болотними та гідрологічними комплексами – «Бабині лози», «Дулицьке», «Лебединий», «Стадницький став» – забезпечують середовище для водно-болотних рослин та колоній птахів;

3. луками, балками та урочищами – «Малишки», «Кремез», «Мазепинці» заповідуються як місця зростання ендемічних та рідкісних рослин (ефемероїди);

4. культурно-ландшафтними парками – «Олександрія», парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва важливі для збереження дендрофлори, генофонду екзотичних та рідкісних деревних видів;

5. рослинами Червоної книги України – рябчик шаховий, підсніжник звичайний, цибуля ведмежа. У заказниках «Саварка» та «Стадницький став» охороняються колонії сірої чаплі;

6. екологічна оцінка природо-заповідного фонду Білоцерківщини репрезентує широкий спектр природних і культурно-історичних ландшафтів (ліси, водно-болотні комплекси, реліктові дерева, державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України).

Просторовий розподіл об'єктів природо-заповідного фонду територією району дослідження є нерівномірним. Найбільша їх концентрація спостерігається у північній та західній частинах району, де зосереджені значні лісові масиви та долина річки Рось. Південна частина району характеризується меншою кількістю природоохоронних територій, що пов'язано з високим рівнем сільськогосподарського освоєння. У структурі міста Біла Церква зарезервовані території виконують функції охорони природи, збереження історико-культурної спадщини, розвитку рекреаційної діяльності – це Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАНУ та ботанічні пам'ятки місцевого значення «Государ Великої Галявиної», «Дуб Семена Палія».

Динаміка розвитку природно-заповідного фонду Білоцерківського району демонструє позитивні процеси зі зростання кількості та площі заповідних територій. За період незалежності було створено переважну більшість об'єктів ПЗФ у регіоні – 36. Проте за останні 10 років створено лише 5 об'єктів місцевого значення однієї категорії – ботанічні пам'ятки природи «Государ Великої Галявиної», «Липа кохання», «Дуб Семена Палія», «Дідодуб», «Северинівський дуб», площа ПЗФ збільшилася незначно – на 0,05 га. За цей період не було створено жодного об'єкта таких категорій як заповідні урочища, заказники.

Аналіз сучасного стану об'єктів природно-заповідного фонду району дав змогу виявити низку проблем, що ускладнюють їх ефективне функціонування та негативно впливають на збереження унікальних екосистем та біорізноманіття регіону:

1. *Низький рівень заповідності* (0,47 % території району) є недостатнім для повного забезпечення екологічної стійкості – необхідно розроблення і впровадження стратегії розширення територій і об'єктів ПЗФ. Слід зауважити, що в регіоні здебільшого надають перевагу створенню об'єктів місцевого значення, ніж загальнодержавного.

2. *Недостатня репрезентативність мережі ПЗФ*. Наявні об'єкти не забезпечують повного охоплення всіх типів природних екосистем регіону. Недостатньо представлені степові, лучні та водно-болотні угіддя, що потребує розширення мережі ПЗФ.

3. *Фрагментація природоохоронних територій*. Більшість об'єктів ПЗФ (особливо пам'ятки природи та малі за площею заказники) є ізольованими, що знижує їх екологічну стійкість до антропогенного тиску та ефективність збереження біорізноманіття.

4. *Антропогенний тиск*. Значна частина об'єктів ПЗФ зазнає негативного впливу господарської діяльності: забруднення, витоптування, незаконні рубки, браконьєрство, несанкціоноване збирання рослин та грибів.

5. *Нерегульоване рекреаційне навантаження*. Найпопулярніші об'єкти ПЗФ (дендропарк "Олександрія", заказники в долині р. Рось) страждають від надмірного та нерегульованого потоку відвідувачів, що призводить до певної деградації природних комплексів.

6. *Недостатнє фінансування*. Більшість об'єктів ПЗФ місцевого значення не мають стабільного фінансування, що обмежує можливість для проведення природоохоронних

заходів, наукових досліджень та розвитку інфраструктури.

7. *Проблеми землекористування.* Не всі об'єкти ПЗФ мають встановлені в природі межі та винесені в природу охоронні знаки, що ускладнює їх охорону та створює передумови для порушень режиму.

8. *Інвазії чужорідних видів.* На території багатьох об'єктів ПЗФ спостерігається експансія інвазійних видів рослин (клен ясенелистий, робінія псевдоакація, борщівник Сосновського, амброзія полинолиста та ін.), що становить загрозу для збереження аборигенної флори.

9. *Зміни гідрологічного режиму.* Осушення, зарегулювання стоку, забруднення водойм негативно впливають на стан водно-болотних об'єктів ПЗФ, особливо в долині річки Рось.

10. *Низький рівень екологічної свідомості населення.* Недостатнє розуміння цінності об'єктів ПЗФ серед місцевого населення призводить до порушень природоохоронного режиму.

11. *Недостатня інтеграція у туристичну інфраструктуру регіону.* Потенціал більшості об'єктів ПЗФ для розвитку екологічного туризму та екологічної освіти використовується не повною мірою.

Перспективи розвитку природно-заповідного фонду м. Біла Церква та Білоцерківського району мають здійснюватися за такими стратегічними напрямками:

1. *Взаємодія громадськості, науковців та місцевих органів влади,* яка базується на розумінні екологічної, економічної та соціальної ролі природно-заповідного фонду та його впливу на розвиток району. Спільне вирішення законодавчих, організаційних, економічних та інших проблем, які впливають на процедуру створення та розширення об'єктів природно-заповідного фонду, значно покращить динаміку їх розвитку.

2. *Розширення мережі ПЗФ* завдяки створенню нових об'єктів різних категорій: створення регіонального ландшафтного парку "Надросся" в долині річки Рось для комплексної охорони заплавної екосистем; створення ботанічних заказників для охорони залишків степової рослинності на схилах річкових долин; розширення мережі гідрологічних заказників для охорони малих річок та боліт; надання статусу заповідних урочищ цінним лісовим масивам, що не мають природоохоронного статусу.

3. *Формування екологічної мережі регіону* із включенням об'єктів ПЗФ як ключових територій та створенням екологічних коридорів

для забезпечення просторової зв'язності природних комплексів. Основу екологічної мережі мають становити: екологічний коридор вздовж долини річки Рось; кам'янський екологічний коридор вздовж річки Кам'янка; лісові екологічні коридори, що з'єднують лісові масиви регіону.

4. *Удосконалення системи управління об'єктами ПЗФ:* створення спеціальних адміністрацій для найцінніших об'єктів ПЗФ; залучення громадських організацій та місцевих громад до управління об'єктами ПЗФ; впровадження сучасних технологій моніторингу та охорони природоохоронних територій.

5. *Розвиток наукових досліджень* на базі об'єктів ПЗФ: проведення комплексної інвентаризації біорізноманіття із залученням науковців; організація моніторингу стану природних комплексів та окремих видів насаджень; цілеспрямоване виявлення перспективних для заповідання територій; вивчення впливу кліматичних змін на екосистеми регіону; дослідження ефективності природоохоронних заходів.

6. *Розвиток екологічного туризму та екологічної освіти:* створення мережі екологічних стежин та маршрутів; створення еколого-освітніх центрів, пропагування дбайливого ставлення до ПЗФ, роз'яснювальна робота у ЗМІ та соціальних мережах обласного і районного рівня.

Висновки. Природно-заповідний фонд Білоцерківського району має значну природну, наукову й культурну цінність та виконує важливі екологічні функції. На території району охороняються як природні, так і культурно-історичні комплекси. Найбільшу частку займають заказники місцевого значення (понад 54 % загальної площі ПЗФ). Серед найбільш цінних об'єктів: заповідне урочище «Турчино» з віковими дубами віком понад 400 років, гідрологічний заказник «Бабині лози», ботанічні пам'ятки природи «Дідодуб» і «Дуб Семена Палія», а також дендропарк «Олександрія». Рівень заповідності території становить 0,47 %, що потребує значного розширення до середніх показників Київської області (10,42 %). Для вирішення проблеми необхідно розроблення і впровадження стратегії розширення територій і об'єктів ПЗФ Білоцерківського району з цілеспрямованим виявленням перспективних для заповідання територій. Доцільним є створення екологічного моніторингового центру, розробка програм з екологічного туризму та залучення громадськості до охорони природи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоцерківська міська рада. *Паспорт природно-заповідних територій м. Біла Церква*. URL: <https://bc-rada.gov.ua>
2. Бовт Я.С., Стрянець Г.В. Історія заповідної справи та природничих досліджень на Розточчі. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. Вип. 20.16. С. 7–12.
3. Бойко Н.С. Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України: відновлення, становлення, розвиток. Збереження різноманіття рослинного світу у ботсадах та дендропарках: традиції, сучасність, перспективи: матеріали міжнародної наукової конференції до 230-річчя дендропарку «Олександрія» НАН України. Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2018. С. 3–13.
4. Пам'ятки природи державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України: Палієва гора / Н. Бойко та ін. Дністерські читання: матеріали міжнар. конф. Дністровського регіонального ландшафтного парку. Одеса: Олді+, 2024. С. 189–194.
5. Бойко Н.С., Дойко Н.М., Гандовська Л.В. Рекреаційний потенціал державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України у період військового стану в Україні. Еколого-освітня та рекреаційна діяльність у межах природних територій у період воєнного стану: можливості, ризики та безпеки: мат. всеукр. онлайн семінару. Чернігів, 2022. С. 53–57.
6. Борецько В.Є., Мельник В.І., Грищенко В.М., Листопад О.Г. Гордість заповідної Київщини. Охорона дикої природи. Вип.4. Київ: КЕКЦ, 1997. 127 с.
7. Василюк О. Функціональна класифікації територій природно-заповідного фонду України: історія формування та міжнародний аспект. GEO&BIO. 2019. Т. 18. С. 3–20. DOI: 10.15407/gb1803
8. Виявлення територій, придатних для оголошення об'єктами природно-заповідного фонду. Інструктивні та методичні матеріали / О. Василюк та ін.; за заг. ред. О. Кравченко. Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2018. 136 с.
9. Гавриленко І.П., Руденко В.П. Природно-заповідний фонд Київщини: еколого-географічний аналіз. Київ: Либідь, 2022. 212 с.
10. Гаврилюк О.М. Екологічна оцінка сучасного стану природоохоронних територій Київської області. Вісник екології та природокористування. 2023. № 2(38). С. 45–52.
11. Гетьман В.І. Ландшафтна репрезентативність природно-заповідного фонду України. Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 7(34). С. 71–80.
12. Гетьман В.І. Еколого-економічна (рекреаційна) діяльність установ природно-заповідного фонду. Екологічний вісник. 2006. № 6. С. 3–6.
13. Гродзинський М.Д., Шищенко П.Г. Збереження та відтворення ландшафтного різноманіття в контексті сталого розвитку. Заповідна справа в Україні. 1998. Т.4. Вип. 1. С. 3–7.
14. Дендропарк «Олександрія»: історія, флора, охорона / уклад. І.Г. Кузнецова. Біла Церква: Друкарня БНАУ, 2020. 95 с.
15. Державна служба заповідної справи. Природно-заповідний фонд України: стан та перспективи розвитку. Київ: Міндовкілля, 2023. 120 с.
16. Дідик В.В. Роль природоохоронних об'єктів у розвитку міських територій. Науковий вісник НЛТУ. 2003. Вип. 13.5. С. 89–92.
17. Дудин Р.Б. Проблеми охорони пам'яток садово-паркового мистецтва державного і місцевого значення. Науковий вісник УкрДЛТУ. Львів, 2004. Вип. 14.8. С. 342–345.
18. «Про природно-заповідний фонд України»: Закон України від 16 червня 1992 р. № 2456-ХІІ. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 34. 502 с.
19. «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року»: Закон України. Відомості Верховної Ради (ВВР). 2019. № 16. 70 с.
20. Іваненко Є.І. Аналіз розміщення природно-заповідного фонду України: підхід, стан, проблеми. Український географічний журнал. 2013. № 3. С. 64–69.
21. Іваненко Є. І. Методичні підходи до визначення меж перспективних заповідних об'єктів (на прикладі ділянок степової зони). Український географічний журнал. 2014. № 4.
22. Садово-паркові ландшафти як об'єкти рекреації і туризму. Природа Західного Полісся і прилеглих територій: зб. наук. праць Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки / Ф.В. Зузук та ін. Луцьк, 2012. № 9. С. 124–128.
23. Лісова типологія та екологічна характеристика Білоцерківського району / за ред. О.А. Баранової. Біла Церква: БНАУ, 2021. 130 с.
24. Масальський В.П., Олешко О.Г. Значення дендропарку «Олександрія» в структурі м. Біла Церква. Матеріали міжнародної наукової конференції «Збереження різноманіття рослинного світу у ботсадах та дендропарках: традиції, сучасність, перспективи». Біла Церква, 2018. С. 272–278.
25. Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України: офіційний сайт. URL: <https://npp-aleksandriya.in.ua>.
26. Офіційний сайт Природно-заповідного фонду Міністерства захисту довкілля і природних ресурсів України. URL: <https://wownature.in.ua>
27. Природно-заповідний фонд Київської області / О. Василюк та ін. Київ: НЕЦУ, 2012. 338 с.
28. Природно-заповідний фонд Київської області. Каталог територій та об'єктів ПЗФ / за ред. В.Г. Гребінь, Н.О. Борисенко. Київ: УкрНДІЕП, 2021. 248 с.
29. Рішення Київської обласної ради про створення територій природно-заповідного фонду (1995–2023 рр.). Архів управління екології та природних ресурсів Київської ОДА.
30. Стратегія розвитку Білоцерківського району до 2030 року. Біла Церква: РДА, 2022. 67 с.

31. Удовенко І.О., Мамчур В.В., Сержантова Ю.Ю. Об'єкти природно-заповідного фонду: аналіз наслідків українсько-російської війни. Український журнал природничих наук. 2023. № 5. С. 126–140. DOI: 10.32782/naturaljournal.5.2023.14

REFERENCES

1. Bilotserkivska miska rada. Pasport pryrodno-zapovidnykh terytorii m. Bila Tserkva. [Bila Tserkva City Council. Passport of nature reserve areas of Bila Tserkva]. 2024. Available at: <https://bc-rada.gov.ua>

2. Bovt, Ya.S., Stryamets, H.V. (2010). Istoriiia zapovidnoi spravy ta pryrodnych doklidzhen' na Roztocchi [History of nature conservation and scientific research in Roztochchia]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine]. Issue 20.16, pp. 7–12.

3. Boiko, N.S. (2018). Derzhavnyi dendrolohichnyi park "Oleksandriia" NAN Ukrainy: vidnovlennia, stanovlennia, rozvytok: materiali mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii "Zberezhennia riznomanittia roslynnoho svitu u botsadakh ta dendroparkakh: tradytsii, suchasnist', perspektivy" [State Dendrological Park "Oleksandriia" of the NAS of Ukraine: restoration, formation, development: proceedings of the international scientific and practical conference "Preserving plant diversity in botanical gardens and arboreturns: traditions, present day, prospects"]. Bila Tserkva, TOV "Bilotserkivdruk", pp. 3–13.

4. Boiko, N.S., Doiko, N., Drahan, N., Mor-datenko, I., Katrevych, M. (2024). Pamiatky pryrody derzhavnoho dendrolohichnoho parku «Oleksandriia» NAN Ukrainy: Paliieva hora [Natural monuments of the State Dendrological Park "Olexandria" of the NAS of Ukraine: Paliev Mountain]. Dnistors'ki chytannja: materiali mizhnar. konf. Dnistrovs'kogo regional'nogo landshaftnoho parku [Dniester Readings: Proceedings of the International Conference of the Dniester Regional Landscape Park]. Odesa, Oldie+, pp. 189–194.

5. Boyko, N.S., Doyko, N.M., Gandovska, L.V. (2022). Rekreatsiinyi potentsial derzhavnoho dendrolohichnoho parku «Oleksandriia» NAN Ukrainy u period viiskovoho stanu v Ukraini [Recreational potential of the State Dendrological Park "Olexandria" of the NAS of Ukraine during the period of martial law in Ukraine]. Ekologo-osvitnja ta rekreacijna dijal'nist' u mezhah pryrodnyh terytorij u period vojen-nogo stanu: mozhlyvosti, ryzyky ta bezpeky: mat. vseukr. onlajn seminaru [Environmental, educational and recreational activities within natural territories during martial law: opportunities, risks and safety: materials of the Ukrainian online seminar]. Chernihiv, pp. 53–57.

6. Boreiko, V.Ye., Melnyk, V.I., Hryshchenko, V.M., Lystopad, O.H. (1997). Hordist zapovidnoi Kyivshchyny [Pride of the protected Kyiv region]. Okhrona dykoi pryrody [Wildlife protection]. Kyiv, KEKTC, Vol. 4, 127 p.

7. Vasyliuk, O. (2019). Funktsionalna klasyfikatsii terytorii pryrodno-zapovidnoho fondu

Ukrainy: istoriia formuvannia ta mizhnarodnyi aspekt [Functional classification of territories of the nature reserve fund of Ukraine: history of formation and international aspect]. GEO&BIO. Vol. 18, pp. 3–20. DOI: 10.15407/gb1803

8. Vasyliuk, O., Norenko, K., Polianska, K., Shutiak, S., Shyriaieva, D. (2018). Vyjavlennia terytorii, prydatnykh dlia oholoshennia ob'ektamy pryrodno-zapovidnoho fondu: instruktyvni ta metodychni materiali [Identification of areas suitable for designation as protected areas: instructional and methodological materials]. Lviv, Company "Manuskrypt", 136 p.

9. Havrylenko, I.P., Rudenko, V.P. (2022). Pryrodno-zapovidnyi fond Kyivs'koi oblasti: ekologo-heohrafichnyi analiz [Nature reserve fund of Kyiv region: ecological and geographical analysis]. Kyiv, Lybid, 212 p.

10. Havryliuk, O.M. (2023). Ekolohichna otsinka suchasnoho stanu pryrodo-okhoronnykh terytorii Kyivs'koi oblasti [Ecological assessment of current state of protected areas in Kyiv region]. Visnyk ekolohii ta pryrodokorystuvannia [Bulletin of Ecology and Environmental Management]. no. 2(38), pp. 45–52.

11. Hetman, V.I. (2021). Landshaftna reprezentatyvnist pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy [Landscape representativeness of the nature reserve fund of Ukraine]. Ekologichni nauky: naukovopraktychnyj zhurnal [Ecological sciences: scientific and practical journal]. Kyiv, Helvetica Publishing House, no. 7(34), pp. 71–80.

12. Hetman, V.I. (2006). Ekoloho-ekonomichna (rekreatsiina) diialnist ustanov pryrodno-zapovidnoho fondu [Ecological and economic (recreational) activities of nature reserve fund institutions]. Ekologichnyj visnyk [Environmental Bulletin]. no. 6, pp. 3–6.

13. Hrodzynskyi, M.D., Shyshchenko, P.H. (1998). Zberezhennia ta vidtvorennia landshaftnoho riznomanittia v konteksti staloho rozvytku [Preservation and reproduction of landscape diversity in the context of sustainable development]. Zapovidna sprava v Ukraini [Nature conservation in Ukraine]. Vol. 4, no. 1, pp. 3–7.

14. Kuznetsova, I.H. (2020). Dendropark "Oleksandriia": istoriia, flora, okhrona [Dendropark "Oleksandriia": history, flora, conservation]. Bila Tserkva, BNAU Printing House, 95 p.

15. Derzhavna sluzhba zapovidnoi spravy [State Service for Conservation Affairs]. Pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy: stan ta perspektivy rozvytku [Nature reserve fund of Ukraine: state and development prospects]. Kyiv, Mindovkillia, 2023, 120 p.

16. Didyk, V.V. (2003). Rol pryrodookhoronnykh ob'ektiv u rozvytku miskyykh terytorii [The role of nature conservation sites in the development of urban areas]. Scientific Bulletin of NLTU [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 13.5, pp. 89–92.

17. Dudyn, R.B. (2004). Problemy okhrony pam'iatok sadovo-parkovoho mystetstva derzhavnoho i mistsevoho znachennia [Problems of protection of garden-park monuments of national and local importance]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine]. no. 14.8, pp. 342–345.

18. "Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy": Zakon Ukrainy vid 16 chervnia 1992 r. № 2456-XII ["On the Nature Reserve Fund of Ukraine": Law of Ukraine of June 16, 1992 No. 2456-XII]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Information from the Supreme Council of Ukraine]. 1992, no. 34, 502 p.
19. «Pro Osnovni zasady (strategiju) derzhavnoi' ekologichnoi' polityky Ukrai'ny na period do 2030 roku»: Zakon Ukrai'ny ["On the Basic Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period Until 2030": Law of Ukraine]. Vidomosti Verkhovnoi' Rady [Information from the Verkhovna Rada]. 2019, no. 16, 70 p.
20. Ivanenko, Ye.I. (2013). Analiz rozmishchenia pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy: pidkhid, stan, problemy [Analysis of the distribution of the nature reserve fund of Ukraine: approach, state, problems]. Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]. no. 3, pp. 64–69.
21. Ivanenko, Ye.I. (2014). Metodychni pidkhody do vyznachennia mezh perspektyvnykh zapovidnykh ob'ektiv (na prykladi dialianok stepovoi zony) [Methodological approaches to defining boundaries of prospective protected areas (on the example of the steppe zone)]. Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]. no. 4.
22. Kravtsova, I.V. (2012). Sadovo-parkovi landschafty yak ob'ekty rekreatsii i turyzmu [Park landscapes as objects of recreation and tourism]. Pryroda Zakhidnoho Polissia i prylehlykh terytorii: zbirnyk naukovykh prats Volynskoho natsionalnoho universytetu im. Lesi Ukrainky [Nature of Western Polissya and adjacent territories: collection of scientific works Volyn National University named after Lesya Ukrainka]. no. 9, pp. 124–128.
23. Baranova, O.A. (2021). Lisova typolohiia ta ekolohichna kharakterystyka Bilotserkivskoho raionu [Forest typology and ecological characteristics of Bila Tserkva district]. Bila Tserkva, BNAU, 130 p.
24. Masalskyi, V.P., Oleshko, O.H. (2018). Znachennia dendroparku "Oleksandriia" v strukturi m. Bila Tserkva: materiali mizhnarodnoi' naukovo-praktichnoi' konferencii' «Zberezhennia riznomanittia roslynnoho svitu u botsadakh ta dendroparkakh: tradyt-sii, suchasnist', perspektyvy» [The importance of the "Oleksandriia" dendropark in the structure of Bila Tserkva city: proceedings of the international scientific and practical conference "Preserving plant diversity in botanical gardens and arboreturns: traditions, present day, prospects"]. Bila Tserkva, pp. 272–278.
25. Derzhavnyi dendrolohiichnyi park «Oleksandriia» NAN Ukrainy [State Dendrological Park "Olexandria" of the National Academy of Sciences of Ukraine: official website]. Available at: <https://npp-aleksandriya.in.ua>.
26. Ofitsiinyi sait Pryrodno-zapovidnoho fondu Ministerstva zakhystu dovkilia ta pryrodnykh re-sursiv Ukrainy [Nature Reserve Fund of Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine]. URL: <https://wownature.in.ua>.
27. Vasylyuk, O., Kostyushyn, V., Norenko, K. (2012). Pryrodno-zapovidnyi fond Kyivskoi oblasti [Nature Reserve Fund of Kyiv Region]. Kyiv, NET-SU, 338 p.
28. Hrebin, V.H., Borysenko, N.O. (2021). Pryrodno-zapovidnyi fond Kyivs'koi oblasti: Kataloh terytorii ta ob'ektiv PZF [Nature reserve fund of Kyiv region: Catalogue of protected areas and sites]. Kyiv, UkrNDIEP, 248 p.
29. Rishennia Kyivs'koi oblasnoi rady pro stvorennia terytorii pryrodno-zapovidnoho fondu (1995–2023 rr.) [Decisions of the Kyiv Regional Council on the creation of protected areas (1995–2023)]. Arhiv upravlinnja ekologii' ta pryrodnykh re-sursiv Kyi'vs'koi' ODA [Archives of the Department of Ecology and Natural Resources of Kyiv Regional State Administration].
30. Stratehiia rozvytku Bilotserkivs'koho raionu do 2030 roku [Development strategy of Bila Tserkva district until 2030]. Bila Tserkva, RDA, 2022, 67 p.
31. Udovenko, I.O., Mamchur, V.V., Serzhantova, Yu.Yu. (2023). Ob'ekty pryrodno-zapovidnoho fondu: analiz naslidkiv ukraïnsko-rosiiskoi viiny [Objects of the nature reserve fund: analysis of the consequences of the Ukrainian-Russian war]. Ukrai'ns'kyj zhurnal pryrodnykh nauk [Ukrainian Journal of Natural Sciences]. no. 5, pp. 126–140. DOI: 10.32782/naturaljournal.5.2023.14

Analysis of the state of the nature reserve fund of Bila Tserkva district

Krupa N., Oleshko O., Vashchuk Yu.

Protected areas and objects ensure the preservation of biological and landscape diversity, typical and unique natural complexes, and the cultural heritage of our country. For the effective development of the regional ecological network, it is important to analyze the territorial and internal structural indicators of the nature reserve fund and identify the main problems in its functioning. The article presents the results of an analysis of the current state of the nature reserve fund in Bila Tserkva district of Kyiv region and the city of Bila Tserkva. The fund includes natural objects of three categories: 5 protected areas, 16 nature reserves, 14 natural monuments, as well as two categories of artificial objects: a dendrological park and 5 parks that are monuments of landscape architecture. The total area of protected areas in Bila Tserkva district is 3,061.15 hectares (0.47 % of the total administrative area of the region). Objects of national importance include the botanical natural monument "Kruglik" and the state dendrological park "Oleksandriia" of the National Academy of Sciences of Ukraine, one of the oldest parks in Ukraine, which has enormous scientific, historical, and recreational value. A significant part of the protected areas is located on the territories and objects of local importance. In terms of area and structure, nature reserves and protected areas prevail, ensuring the preservation of key biotopes and individual species of plants and animals. The protected areas of Bila Tserkva region are characterized by high floristic diversity and contribute to the preservation of the hydrological balance. Reserves of local importance

(hydrological, forest, ornithological, botanical) perform the function of preserving individual components of ecosystems. Natural monuments protect unique plantings, ancient trees, and natural springs with marshy meadows. The Piatigirsky, Tomylivsky, Dubovy Gai, Stavyshchansky, and Chagary parks, which are monuments of landscape architecture, perform ecological, aesthetic, recreational, and cultural functions. Based on the research conducted, the key directions for the development of the region's nature

reserve fund have been identified: creating new objects of various categories; forming an ecological network of the region; conducting a comprehensive inventory of nature reserve objects with the involvement of scientists; targeted identification of promising areas for conservation etc.

Key words: nature reserve fund (NRF), NRF territories and objects, biodiversity, categories of the nature reserve fund, nature conservation areas, Bila Tserkva, Bila Tserkva district.



Copyright: Крупа Н.М., Олешко О.Г., Ващук Ю.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Крупа Н.М.

Олешко О.Г.

Ващук Ю.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5299-3580>

<https://orcid.org/0000-0001-5263-1347>

<https://orcid.org/0000-0002-1859-5802>

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 712.41:582.711.711

**Декоративні якості видового різноманіття роду *Spiraea* L.
та пропозиції щодо використання видів
як елементів композиційних рішень в озелененні****Фіялко А.Б. , Роспутній Є.М. ***Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: Фіялко А.Б. allafialko76@ukr.net, alla.marchenko@btsau.edu.ua;
Роспутній Є.М. yevheniirosputnii@gmail.com



Фіялко А.Б., Роспутній Є.М. Декоративні якості видового різноманіття роду *Spiraea* L. та пропозиції щодо використання видів як елементів композиційних рішень в озелененні. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 307–319.

Fialko A., Rosputniy Ye. Decorative qualities of species diversity of the genus *Spiraea* L. and proposals for the use of species as elements of compositional solutions in landscaping. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 307–319.

Рукопис отримано: 10.09.2025 р.

Прийнято: 25.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-307-319

Враховуючи особливості сучасних тенденцій розвитку населених місць представники роду *Spiraea* L. займають провідне місце серед гарноквітух кущів у формуванні урбоєкосистем як елементи композиційних рішень під час благоустрою міських вулиць, скверів, парків для формування живоплотів та бордюр, алей, декоративних куртин та невеликих груп і солітерів, кам'янистих садів, також мають фітомеліоративну функцію. Мета досліджень – на основі вивчення морфологічних, фенологічних та біометричних показників видового різноманіття та колекційних зразків роду *Spiraea* L. розробити пропозиції щодо використання видів цього роду як елементів композиційних рішень в озелененні населених місць. Дослідження проводили у ботанічному саду Білоцерківського НАУ на ділянці «Фрутіцетум» і на ландшафтних композиціях території навчального корпусу закладу впродовж 2010–2024 рр. Об'єкт досліджень – колекція роду *Spiraea* L. Предмет досліджень – підбір видового розмаїття роду *Spiraea* L. для практичного використання в озелененні. За результатами вивчення морфологічних, фенологічних та біометричних показників колекційних зразків роду *Spiraea* L. встановили місце видового різноманіття таволг в архітектурно-планувальній структурі урбоєкосистем. Розроблено пропозиції щодо використання представників роду *Spiraea* L. як елементи композиційних рішень під час садово-паркового будівництва, а саме із секції *Calospora* для гірських садів запропоновано 10 таксонів; для бордюр – 6; для обрамлення композиційних елементів – 8; для озеленення схилів – 8; для груп, алейних посадок, живоплотів середнього розміру – 1; із секції *Chamaedryon* для гірських садів – 4; для груп – 4; для алейних посадок – 4; для живих стін – 1; для живоплотів середнього розміру, озеленення схилів, поодиноких (солітерних) посадок – 4; із секції *Glomerati Nakai*. для гірських садів – 1; для алейних посадок – 1; для живоплотів середнього розміру – 1; для поодиноких посадок – 1; із секції *Spiraria* для озеленення схилів – 2; для груп – 5; для живих стін – 1; для гірських садів, алейних посадок, поодиноких посадок – 4; для живоплотів середнього розміру – 4.

Ключові слова: *Spiraea* L., вид, таксон, урбоєкосистема, елементи композиційних рішень.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На сьогодні встановлено, що в Україні зелені насадження міських територій розташовані на площі 4,6 тис. км², але для загального вжитку вони доступні на площі 1,6 тис. км², водночас площа озелених територій загального користування для населених місць має становити не менше 25 м² на 1 людину [1]. Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я (ВООЗ) встановлена норма площі озеленення міст, що становить 50 м² насадження на одну людину [2]. Наразі спостерігається тенденція збільшення території великих та середніх міст України через зменшення територій зелених зон для створення нових забудов, що значно порушує норми озеленення встановлені ВООЗ. Такі зміни в структурі зеленого каркасу населених місць спричинюють низку проблем та наслідків, а саме шумове забруднення міста, ерозія ґрунтів, зміна мікроклімату, порушення природного ландшафту та зникнення аборигенної флори і фауни, економічні збитки в бюджеті міста та ін. Тому урбекосистему потрібно формувати з огляду на особливості сучасних тенденцій розвитку міста, абіотичних показників регіону, змін природно-кліматичних умов та рельєфу міста [2]. Одним із способів покращення екосистеми населених місць та забезпечення комфортних умов проживання для населення є створення об'єктів садово-паркового господарства: парків, садів, скверів, озеленення вулиць, алеї, тощо, із врахуванням перспективних видів і форм рослин, відібраних у результаті багаторічних інтродукційних досліджень. Особливої уваги заслуговують рослини з господарсько-цінними властивостями, стійкістю до умов урбанізованого середовища [3, 4], рослини з високими декоративними якостями, які використовуються в озелененні [5].

Представники роду *Spiraea* L. займають провідне місце серед гарноквітухих кущів, використовують як елемент композиційних рішень під час благоустрою міських вулиць, скверів, парків для формування живоплотів та бордюр різної висоти, алеї, декоративних куртин та невеликих груп і солітерів, кам'янистих садів. Також таволги мають фітомеліоративну функцію, використовують для укріплення схилів і берегів, для масових посадок уздовж шляхів. Під час створення композиційних рішень урбанізованих ландшафтів види роду *Spiraea* L. незамінні за своєю біологічною стійкістю, а саме висока газо- та димостійкість, фітонцидність, медоносність, що підвищують їх санітарне значення. Велике видове і формове різноманіття рослин

родини *Spiraea* L., відмінність за висотою, габітусом, терміном цвітіння, забарвленням листків та суцвіть дають змогу широко використовувати таволги для створення садово-паркових композицій і поєднувати їх у змішаних групах ландшафтних парків. Декоративні властивості рослин роду найбільше виявляються у період цвітіння навесні та під час осіннього забарвлення листків [6]. Для озеленення населених місць України у 1950 році О.Л. Липа рекомендував асортимент рослин родини *Spiraea* L. із 5 видів [7], у 2014 р. З.Г. Бонюк – 46 культиварів [8].

Мета досліджень – на основі вивчення декоративних якостей видового різноманіття та колекційних зразків роду *Spiraea* L. Білоцерківського НАУ розробити пропозиції щодо використання видів цього роду як елементів композиційних рішень в озелененні населених місць.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у ботанічному саду Білоцерківського НАУ на ділянці «Фрутіцетум» і на ландшафтних композиціях території навчального корпусу закладу впродовж 2010–2024 рр. Таксономічний склад проаналізовано за монографією «Таволги (*Spiraea* L.)» (2008) [6]. Для визначення перспективних за декоративними якостями видів та культиварів роду оцінено декоративність за методикою Н.В. Котелової та О.Н. Віноградової у модифікації І.В. Тарана, А.М. Агапової [9]. Згідно з методикою, декоративні якості кожного виду оцінювали щомісячно за такими ознаками: архітектоніка крони і стовбура; форма та колір листків; декоративність суцвіть, квіток і плодів; колір та фактура кори, гілок, пагонів. Окрім визначення декоративності таволг, підібрано асортимент рослин для створення композиційних елементів насаджень.

Об'єкт досліджень – культивари роду *Spiraea* L. колекції Білоцерківського НАУ: *S. pumilionum* Zbl., *S. japonica* L., *S. media* Franz. Schmidt, *S. nipponica* Maxim, *S. prunifolia* Sieb. et Zucc, *S. douglasii* Hook., *S. salicifolia* L., *S. alba* Du Roi, *S. bumalda* Burv. (*S. japonica* x *S. albiflora*), *S. cinerea* Zabel (*S. hypericifolia* x *S. cana* Waldst. et Kit.), *S. vanhouttei* (Briot) Zabel (*S. cantoniensis* x *S. trilobata*), *S. billiardii* Hering (*S. douglasii* Hook. x *S. salicifolia* L.) декоративні форми *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. billardii* 'Triumphans'. **Предмет досліджень** – підбір видового розмаїття роду *Spiraea* L. для практичного використання в озелененні.

Результати дослідження та обговорення. За тривалістю квітучості колекційні зразки роду *Spiraea* L. Білоцерківського НАУ умовно поділили на дві групи: весняного та літнього квітучості. Група весняноквітучих видів представлена культиварами із секцій: Glomerati Nakai. та Chamaedryon, а група літньоквітучих видів – Calospira та Spiraria (табл. 1). У групі весняноквітучих видів секція Glomerati Nakai. роду *Spiraea* L. представлена одним видом *S. prunifolia*, який цвіте у квітні до розпускання листя. Секція Chamaedryon представлена видами *S. vanhouttei*, *S. cinerea*, *S. nipponica*, *S. media*, з них впродовж травня квітує *S. media*, з травня до червня – *S. vanhouttei*, *S. cinerea*, *S. nipponica*. Повторне цвітіння в умовах Правобережного Лісостепу виявлено лише у *S. vanhouttei* в серпні, але менш рясне. Група літньоквітучих видів роду *Spiraea* L. представлена культиварами з двох секцій: Calospira та Spiraria.

Зокрема секція Glomerati Nakai. представлена видами та їх декоративними формами *S. pumilionum*, *S. japonica*, *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda*, *S. bumalda* Goldflame, період квітучості з червня до липня виявлено у культиварів *S. pumilionum*, *S. japonica*, *S. japonica* "Macrophylla" та *S. japonica* "Little Princess", у період з червня до серпня – *S. bumalda*, *S. bumalda* Goldflame. Секція Spiraria представлена видами *S. douglasii*, *S. billiardii*, *S. salicifolia*, *S. alba*, період квітучості з червня

до липня зафіксовано у *S. billiardii*, з липня до серпня – *S. salicifolia*, з липня до вересня – *S. alba*, *S. douglasii*. У групі літньоквітучих видів роду *Spiraea* L. повторне цвітіння в умовах Правобережного Лісостепу виявлено лише у *S. billiardii* у вересні, але менш рясне. Отже, для раннього квітучості рекомендуємо види *S. prunifolia* та *S. media*, для пізньовесняного – *S. vanhouttei*, *S. cinerea*, *S. nipponica*, для літнього квітучості у першій половині літа – *S. pumilionum*, *S. japonica*, *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Little Princess", *S. billiardii*, для літнього квітучості у другій половині літа – *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", *S. salicifolia*, для літньо-осіннього квітучості – *S. alba*, *S. douglasii*.

За тривалістю квітучості в умовах Київського регіону встановили, що найкоротший період квітучості до 25 діб мають види *S. media*, *S. nipponica*, до 35 діб – *S. prunifolia*, *S. vanhouttei*, *S. cinerea*, до 45 діб – *S. billiardii*, *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda* Goldflame, *S. douglasii*, до 55 діб – *S. pumilionum*, *S. japonica*, *S. japonica* "Macrophylla", *S. salicifolia* L., понад 55 діб – *S. bumalda*, *S. alba*. За результатами досліджень в умовах Правобережного Лісостепу України розроблено календар квітучості колекційних зразків роду *Spiraea* L., що дасть можливість озеленювачам за підбору асортименту рослин сформулювати композиційні рішення з безперервним квітучості для ландшафтно-планувальної структури об'єкта (табл. 2).

Таблиця 1 – Фенологічні показники тривалості квітучості генофонду колекції таволг Ботсаду БНАУ

Секція	Вид/декоративна форма	Квітування (місяць)			
		початок	завершення	тривалість, діб	повторне
Група весняноквітучих видів роду <i>Spiraea</i> L.					
Glomerati Nakai.	<i>S. prunifolia</i> Sieb. et Zucc	IV	IV	30±3	
Chamaedryon	<i>S. vanhouttei</i> (Briot) Zabel	V	VI	32±6	VIII
	<i>S. cinerea</i> Zabel.	V	VI	30±8	
	<i>S. nipponica</i> Maxim.	V	VI	25±7	
	<i>S. media</i> Franz. Schmidt	V	V	20±5	
Група літньоквітучих видів роду <i>Spiraea</i> L.					
Calospira	<i>S. pumilionum</i> Zbl.	VI	VII	55±7	
	<i>S. japonica</i> L.	VI	VII	50±5	
	<i>S. japonica</i> "Macrophylla"	VI	VII	56±3	
	<i>S. japonica</i> "Little Princess"	VI	VII	40±9	
	<i>S. bumalda</i> Burv.	VI	VIII	58±6	
	<i>S. bumalda</i> Goldflame	VI	VIII	45±7	
Spiraria	<i>S. douglasii</i> Hook.	VII	IX	45±7	
	<i>S. billiardii</i> Heringq.	VI	VII	35±5	IX
	<i>S. salicifolia</i> L.	VII	VIII	55±6	
	<i>S. alba</i> Du Roi.	VII	IX	60±6	

Таблиця 2 – Фенологічний календар квітання представників роду *Spiraea* L. в колекції таволг Ботсаду БНАУ

Секція	Вид/декоративна форма	Місяць/декада																	
		IV			V			VI			VII			VIII			IX		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Група весняноквітучих видів роду <i>Spiraea</i> L.																			
Glomerati	<i>S. prunifolia</i> Sieb.																		
Chamae- dryon	<i>S. vanhouttei</i> Zabel																		
	<i>S. cinerea</i> Zabel.																		
	<i>S. nipponica</i> Maxim.																		
	<i>S. media</i> Franz.																		
Група літньоквітучих видів роду <i>Spiraea</i> L.																			
Calospira	<i>S. pumilionum</i> Zbl.																		
	<i>S. japonica</i> L.																		
	<i>S. japonica</i> "Macrophylla"																		
	<i>S. japonica</i> "Little Princess"																		
	<i>S. bumalda</i> Burv.																		
	<i>S. bumalda</i> Goldflame																		
Spiraria	<i>S. douglasii</i> Hook.																		
	<i>S. billiardii</i> Hérinq.																		
	<i>S. salicifolia</i> L.																		
	<i>S. alba</i> Du Roi.																		

Сприйняття окремих композицій і садово-паркових пейзажів здійснюється переважно візуально, тому особливою декоративною властивістю є колір квітки та листя. Бонюк, 2014 відмічає, що змішаний бордюр із *S. japonica* "Alpina", "Little Princess" та *S. pumilionum*, які одночасно квітують, але мають контрастне забарвлення квіток – білого та червоного кольорів добре виглядає [8]. Колекційні зразки роду *Spiraea* L. представлені кольоровою гамою від сніжно-білих до темно-рожевих відтінків пелюсток квітів рослин (табл. 3). Біле забарвлення квітки мають представники секції Calospira ряду Decumbentes Pojark. вид *S. pumilionum*, секції Chamaedryon ряду

Mediae Pojark. emend. Yü вид *S. media* та гібрид *S. cinerea*, ряду Gemmatae Yü вид *S. nipponica*, ряду Trilobatae Pojark. emend. Yü гібрид *S. vanhouttei*, секції Glomerati Nakai. ряду Prunifoliae Yü вид *S. prunifolia*, секції Spiraria вид *S. alba*. Від світло- до темно-рожевого забарвлення мають представники секції Calospira ряду Japonicae Yü вид *S. japonica* L. та його культивари *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", гібрид *S. bumalda* та його культивари *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", секції Spiraria види *S. douglasii*, *S. salicifolia*, *S. alba*, гібрид *S. billiardii* декоративна форма *S. billiardii* 'Triumphans'.

Таблиця 3 – Морфологічні особливості культиварів колекції роду *Spiraea* L. Білоцерківського НАУ

Секція	Вид/декоративна форма	Листя				Суцвіття	
		форма	колір				
			весною	влітку	восени	форма	колір
Calospira	<i>S. japonica</i> L.	ланцетне	червоне на кінцях пагонів, зелене	зелене	різне (зелене, помаранчеве, жовте, червоне)	щиткоподібне	рожеве
	<i>S. japonica</i> "Macrophylla"	широколистне	пурпурово-червоне	зелене		щиткоподібне	рожеве
	<i>S. japonica</i> "Aurea"	ланцетне	жовто-салатове	жовто-салатове	жовто-зелене	щиткоподібне	рожеве
	<i>S. japonica</i> "Gnom"	ланцетне	темно-зелене	темно-зелене	помаранчево-жовто-зелене	щиткоподібне	рожеве
	<i>S. japonica</i> "Little Princess"	ланцетне	яскраво-зелене	яскраво-зелене	жовто-оранжеве	щиткоподібне	рожево-червоне
	<i>S. bumalda</i> Burv.	ланцетне	червоне на кінцях пагонів, зелене	зелене	різне (зелене, помаранчеве, жовте, червоне)	щиткоподібне	рожеве
	<i>S. bumalda</i> "Goldflame"	ланцетне	помаранчево-червоне-бронзово-золотисте	яскраво-жовте	жовто-зелене	щиткоподібне	яскраво-рожеве
	<i>S. bumalda</i> "Anthony Waterer"	ланцетне	помаранчево-червоне	світло-зелене	світло-зелене	щиткоподібне	рожево-лілово-рубінове
	<i>S. pumilionum</i> Zbl.	яйцеподібне	темно-зелене	темно-зелене	помаранчево-жовто-зелене	щиткоподібне	біле
Chamaedryon	<i>S. vanhouttei</i> (Briot) Zabel	яйцеподібне	темно-зелене зверху, сизе знизу		золотисто-жовте	щиткоподібне	біле
	<i>S. cinerea</i> Zabel	ланцетне	сіро-зелене		золотисто-жовте	щиткоподібне	біле
	<i>S. nipponica</i> Maxim.	еліптичне	темно-зелене			щиткоподібне	біле
	<i>S. media</i> Franz. Schmidt	еліптичне	світло-зелене		золотисто-жовте	щиткоподібне	біле
Glomerati	<i>S. prunifolia</i> Sieb. et Zucc	еліптичне	яскраво-зелене		червоно-помаранчеві	щиткоподібне	біле
Spiraria	<i>S. douglasii</i> Hook.	ланцетне	темно-зелене		жовто-зелене з відтінками помаранчевого	волоть	яскраво-рожеве
	<i>S. billiardii</i> Heringq.	ланцетне	сіро-зелене		золотисто-жовте	волоть	яскраво-рожеве
	<i>S. billardii</i> "Triumphans"	ланцетне	тьмяно-зелені зверху, блакитно-зелені знизу		жовто-зелене	волоть	
	<i>S. salicifolia</i> L.	ланцетне	темно-зелене зверху, сизе знизу		золотисто-жовте	волоть	біле, рожеве
	<i>S. alba</i> Du Roi	ланцетне	темно-зелене			волоть	біле

Впродовж вегетаційного періоду культивируваних колекційних зразків роду *Spiraea* L. змінюють забарвлення листя, а у деяких залишаються незмінними впродовж всього сезону. Декоративністю листя відрізняються культивирувані секції *Calospira* ряду *Japonicae* Yü, а саме декоративні форми виду *S. japonica* L., які впродовж вегетаційного періоду змінюють колір листя, серед них слід відмітити *S. japonica* "Macrophylla" з пурпурово-червоним листям весною, зеленим влітку та жовто-зелено-помаранчевим восени, *S. japonica* "Little Princess" з яскраво-зеленим листям впродовж всього сезону, *S. japonica* "Aurea" із жовто-салатовим листям (табл. 3). Декоративні форми гібрида *S. bumalda* Burv. теж мають високу декоративність за забарвленням листя, а особливо *S. bumalda* "Goldflame", яка весною має помаранчево-червоне або бронзово-золотисте забарвлення, влітку яскраво-жовте,

восени жовто-зелене. Зберігає своє забарвлення протягом всього вегетаційного періоду і залишається зеленими вид *S. nipponica* Maxim з ряду *Gemmatae* Yü секції *Chamaedryon*. Колекційні зразки роду *Spiraea* L., які зберігають забарвлення листя від світло-зеленого до темно-зеленого впродовж весняно-літнього періоду, змінюючи його на осінь від золотисто-жовтого до червоно-помаранчевого, представлені культиварами із секції *Chamaedryon* ряду *Mediae* Pojark. emend. Yü вид *S. media*, гібрид *S. cinerea*, ряду *Trilobatae* Pojark. emend. Yü гібрид *S. vanhouttei*, із секції *Glomerati* Nakai. ряду *Prunifoliae* Yü вид *S. prunifolia*, із секції *Spiraria* види *S. douglasii*, *S. salicifolia*, *S. alba*, гібрид *S. billiardii* декоративна форма *S. billardii* 'Triumphans'. Отже, враховуючи сезонну зміну забарвлення рослин роду *Spiraea* L. є можливість ландшафтним дизайнерам створювати композиції високої художньої виразності.

Таблиця 4 – Морфологічні особливості культиварів колекції роду *Spiraea* L. Білоцерківського НАУ

Секція	Вид/декоративна форма	Кущ			
		форма крони	структура крони	висота, м	Проекція крони, м
Calospira	<i>S. japonica</i> L.	куляста	щільна	0,3–0,8	0,5–1,5
	<i>S. japonica</i> "Macrophylla"	напівкуляста	розлога	0,8–1,5	1,0–1,5
	<i>S. japonica</i> "Aurea"	куляста	щільна	1,2–1,5	0,8–1,5
	<i>S. japonica</i> "Gnom"	куляста	щільна	0,3–0,5	0,4–0,5
	<i>S. japonica</i> "Little Princess"	куляста	щільна	0,3–0,5	0,3–0,4
	<i>S. bumalda</i> Burv.	оберненойцеподібна	щільна	0,75–1,0	0,7–1,0
	<i>S. bumalda</i> "Goldflame"	оберненойцеподібна	щільна	0,8–1,0	0,8–1,2
	<i>S. bumalda</i> "Anthony Waterer"	кулоподібна	щільна	0,6–1,0	0,6–0,8
Chamaedryon	<i>S. pumilionum</i> Zbl.	сланка	щільна	0,15–0,3	0,5–1,2
	<i>S. vanhouttei</i> (Briot) Zabel	напівкуляста, «каскадна»	щільна	1,5–3,0	1,1–3,0
	<i>S. cinerea</i> Zabel	куляста	розлога	1,4–1,6	1,2–1,7
	<i>S. nipponica</i> Maxim.	куляста	щільна	1,5–1,8	1,5–2,0
Glomerati	<i>S. media</i> Franz. Schmidt	овальна	щільна	1,0–2,0	1,5–1,6
	<i>S. prunifolia</i> Sieb. et Zucc	неправильної форми	розлога	1,5–2,0	1,1–1,9
Spiraea	<i>S. douglasii</i> Hook.	вертикальна	щільна	1,0–2,5	1,0–1,5
	<i>S. billiardii</i> Herinq.	вертикальна	розлога	0,6–1,5	0,5–1,0
	<i>S. billardii</i> "Triumphans"	вертикальна	розлога	2–2,5	1,5–2
	<i>S. salicifolia</i> L.	округла	щільна	0,8–1,5	0,6–1,5
	<i>S. alba</i> Du Roi	пірамідальна, «каскадна»		1,0–1,6	0,8–1,0

Висока декоративність сприяє широкому використанню таволг в оформленні садово-паркових об'єктів регулярного і пейзажного типів. Поодинокі насадження рослин або солітери використовують у парадних місцях біля будівель, поблизу доріжок або на певній відстані, на партерах, газонах, біля квітників. Під час підбору видового різноманіття кущів для солітерів потрібно враховувати такі якості: декоративність листя та його сезонність, тривалість цвітіння, структура і розгалуження крони, фактура і забарвлення кори. За даними Бонюк, 2014 відмічено, що майже всі види й форми роду *Spiraea* L. придатні для побудови солітерів у композиційних рішеннях озеленення та рекомендовано такі таксони: *S. arcuata* Hook. f., *S. × arguta* Zab., *S. blumei* G. Don, *S. canescens* D. Don, *S. × cinerea* Zab. "Grefsheim", *S. dasyantha* Bunge, *S. japonica* L. f. *macrophylla* (Simon-Louis) Zab., *S. miyabei* Koidz., *S. prunifolia* Siebold et Zucc., *S. sargentiana* Rehd., *S. thunbergii* Siebold ex Bl., *S. trichocarpa* Nakai, *S. uratensis* Franch., *S. wilsonii* Duthiei. [8].

На основі вивчення морфологічних та фенологічних властивостей колекційних зразків роду *Spiraea* Білоцерківського НАУ для поодиноких посадок виділили таксони: *S. vanhouttei*, *S. cinerea*, *S. nipponica*, *S. media*, *S. prunifolia*, *S. douglasii*, *S. billiardii*, *S. billiardii* "Triumphans", *S. alba*. Основним показником відбору для солітерних насаджень є структура і розгалуження крони, які визначають декоративність рослин впродовж всього року. Розлогою формою крони характеризуються культивари *S. cinerea*, *S. billiardii*, *S. billiardii* "Triumphans", *S. prunifolia* та щільною овальною або округлою – *S. nipponica*, *S. media*, *S. douglasii*, *S. salicifolia*, «каскадною» – *S. vanhouttei*, *S. alba*. За висотою куща культивари розподілені так: до 2 м – *S. cinerea*, *S. nipponica*, *S. media*, *S. prunifolia*, *S. billiardii*, *S. salicifolia*, *S. alba*, понад 2 м – *S. vanhouttei*, *S. douglasii*, *S. billiardii* "Triumphans". Отже, для поодиноких (солітерних) посадок рекомендуємо використовувати представників роду *Spiraea* L. секцій *Chamaedryon* *Glomerati* *Spiraria* таксони *S. nipponica*, *S. media*, *S. cinerea*, *S. vanhouttei*, *S. prunifolia*, *S. alba*, *S. douglasii*, *S. billiardii*, *S. billiardii* "Triumphans" (табл. 5).

Живоплоти – елемент благоустрою вздовж доріг, на партерах, квітниках, для ізоляції однієї частини саду від іншої, для закриття огорожі чи інших об'єктів. За даними Бонюк, 2014 для формування живоплотів рекомендовано *S. arguta*, *S. cinerea* "Grefsheim",

S. chamaedryfolia L., *S. trichocarpa* Nakai, *S. uratensis* Franch., *S. vanhouttei*, *S. corymbosa* Raf., *S. densiflora* Nutt. ex Rydb., *S. japonica*, *S. bumalda*, *S. lucida* Dougl. ex Greene, *S. pumilionum* [8]. Також в структурі озеленення населених місць описано живоплоти із *S. vanhouttei*, *S. media*, *S. salicifolia* [10, 11]. Живоплоти поділяють на три основні типи: бордюри (до 1 м), власне живоплоти (1–2 м) і живі стіни (3 м) [12–14]. Живоплоти можуть бути вільноростучі та формуючі. Під час підбору видового різноманіття з роду *Spiraea* для живоплотів потрібно враховувати такі якості: структура і розгалуження крони, фактура і забарвлення кори та висота рослин. Вільноростучі живоплоти не потребують формування стрижкою, зберігають сталу форму завдяки прекрасній фактурі крони рослин. Для формування цього елемента благоустрою пропонуємо використовувати з колекційних зразків роду *Spiraea* культивари з компактною (щільною) фактурою крони – *S. nipponica*, *S. media*, *S. douglasii*, *S. salicifolia*, *S. vanhouttei*, *S. alba*, *S. japonica*, *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer"; з розлогою кроною – *S. cinerea*, *S. billiardii*, *S. billiardii* "Triumphans", *S. prunifolia*, *S. japonica* "Macrophylla". Для формування живоплотів-живих стін (до 3 м) пропонуємо культивари: *S. vanhouttei*, *S. douglasii*, *S. billiardii* "Triumphans"; для живоплотів (1–2 м): *S. cinerea*, *S. nipponica*, *S. media*, *S. prunifolia*, *S. billiardii*, *S. salicifolia*, *S. alba*, *S. japonica* "Macrophylla"; для бордюр (до 1 м): *S. japonica*, *S. japonica* "Aurea", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* "Little Princess". Отже, за фактурою крони для живоплотів пейзажного стилю пропонуємо зразки із трьох секцій: *Chamaedryon*, *Spiraea*, *Calospira*, з них для живих стін – *S. vanhouttei* (Briot) Zabel, *S. douglasii* Hook., для живоплотів середнього розміру – *S. nipponica* Maxim., *S. media* Franz. Schmidt, *S. alba* Du Roi, *S. salicifolia* L., для бордюр – *S. japonica* L., *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer". Для живоплотів регулярного типу із трьох секцій: *Chamaedryon*, *Glomerati*, *Spiraea*, *Calospira*, з них для живих стін – *S. billiardii* "Triumphans"; для живоплотів середнього розміру – *S. cinerea*, *S. prunifolia* Sieb. et Zucc., *S. billiardii* Heringq., *S. japonica* "Macrophylla" (табл. 5).

Таблиця 5 – Використання таволг як елементів композиційних рішень в оформленні садово-паркових об'єктів

Вид/гібрид/декоративна форма	Ландшафтні елементи в озелененні							
	соліте-ри	групи	живоплоти					грун-топо-кривні
			вільно-ростучі	форму-ючі	живі стіни	живо-плоти	бордю-ри	
<i>S. pumilionum</i> Zbl.	+							+
<i>S. japonica</i> L.	-	+	+				+	
<i>S. bumalda</i> Burv.	-	+	+				+	
<i>S. japonica</i> "Macrophylla"	-	+		+		+		
<i>S. japonica</i> "Little Princess"	-		+				+	
<i>S. japonica</i> "Aurea"	-	+	+				+	
<i>S. japonica</i> "Gnom"	-		+				+	
<i>S. bumalda</i> "Goldflame"	-	+	+				+	
<i>S. bumalda</i> "Anthony Waterer"	-	+	+				+	
<i>S. media</i> Franz. Schmidt	+	+	+			+		
<i>S. cinerea</i> Zabel	+	+		+		+		
<i>S. nipponica</i> Maxim.	+	+	+			+		
<i>S. vanhouttei</i> (Briot) Zabel	+	+	+	+	+			
<i>S. prunifolia</i> Sieb. et Zucc	+	+		+		+		
<i>S. douglasii</i> Hook.	+	+	+		+			
<i>S. salicifolia</i> L.	+	+	+			+		
<i>S. alba</i> Du Roi	+	+	+			+		
<i>S. billiardii</i> Hering	+	+		+		+		
<i>S. billardii</i> "Triumphans"	+	+		+	+			

Алея – це транспортна або пішохідна дорога, обсаджена з обох сторін рівновіддаленими одне від одного деревами або живоплотами [15]. Для оформлення алей Бонюк, 2014 рекомендує таволги в поєднанні з деревами, виключно там, де потрібно розмежувати, але не відгороджувати, дві панорамні перспективи, а саме кущі різної висоти з ажурною кроною, які можуть рости в напівтіні – *S. longigemmis* Maxim., *S. rosthornii* Pritz., *S. wilsonii*, *S. veitchii*. [8]. За нашими результатами досліджень, для алейних посадок рекомендуємо *S. vanhouttei* (Briot) Zabel,

S. douglasii Hook., *S. billardii* "Triumphans" як високорослі пейзажні композиції, *S. nipponica* Maxim., *S. media* Franz. Schmidt, *S. alba* Du Roi., *S. cinerea*, *S. prunifolia* Sieb. et Zucc., *S. billiardii* Hering., *S. japonica* "Macrophylla" для алеї середньої висоти та як обрамлення високорослих дерев, *S. japonica* L., *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer" для облямівки хвойних деревних рослин, на фоні яких чітко проглядається колорит листя таволги. Отже, для алейних посадок рекомендуємо

використовувати представників роду *Spiraea* L. секції *Calospira*, *Chamaedryon*, *Glomerati* Nakai, *Spiraria* рядів *Gemmatae* Yü, *Mediae* Pojark. emend. Yü, *Mediae* Pojark. emend. Yü, *Trilobatae* Pojark. emend. Yü, *Prunifoliae* Yü таксони *S. nipponica*, *S. media*, *S. cinerea*, *S. vanhouttei*, *S. prunifolia*, *S. douglasii*, *S. billiardii*, *S. billardii* 'Triumphans'. Для обрамлення композиційних елементів рекомендуємо використовувати із секцій *Calospira* ряду *Japonicae* таксони *S. japonica* "Gnom", *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* L., *S. bumalda*, *S. japonica* "Macrophylla", *S. bumalda* "Goldflame" (табл. 5).

Група насаджень – деревні рослини, висаджені на певній відстані один від одного і утворюють самостійну композицію, найчастіше формують на узліссях, полянах, галявинах, біля поворотів доріжок [15]. Групи насаджень рослин одного або декількох видів роду *Spiraea* можуть бути як змішаного типу так і самостійного архітектурного призначення для обрамлення полян, галявин, деревних груп, квітників, партерів, на газоні, біля берегів річок, озер, на схилах. Для поступового переходу до відкритих полян та галявин, пропонуємо використовувати кущі роду *Spiraea*, які за висотою від 1 до 3 м: *S. vanhouttei*, *S. douglasii*, *S. billardii* "Triumphans", *S. cinerea*, *S. nipponica*, *S. media*, *S. prunifolia*, *S. billiardii*, *S. salicifolia*, *S. alba*, *S. japonica* "Macrophylla". Для обрамлення композиційних елементів (деревних груп, квітників, партерів) рекомендуємо використовувати культивари висотою від 0,5 до 1 м: *S. japonica*, *S. japonica* "Aurea", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* "Little Princess". Отже, для формування рослинних груп із представників роду *Spiraea* L. пропонуємо використовувати таксони із секцій *Chamaedryon*, *Glomerati* Nakai., *Spiraria* рядів *Gemmatae* Yü, *Mediae* Pojark. emend. Yü, *Trilobatae* Pojark. emend. Yü, *Prunifoliae* Yü *S. nipponica*, *S. media*, *S. cinerea*, *S. vanhouttei*, *S. prunifolia*, *S. alba*, *S. salicifolia* L., *S. douglasii*, *S. billiardii*, *S. billardii* "Triumphans", *S. japonica* "Macrophylla".

Озеленення також має і фітомеліоративну функцію, що забезпечує стримування зсуву ґрунту на схилах, затримання води та ін. Підбір посухостійких видів, із щільною кроною, що повністю вкривають схил, стримують розвиток бур'янів та затримують вологу в ґрунті. За даними Бонюк, 2014 для озеленення схилів рекомендовано види *S. ferganensis* Pojark., *S. thunbergii*, *S. albiflora*

Zab., *S. bumalda* "Anthonii Waterer", *S. cana* Waldst. Et Kit., *S. decumbens* W. Koch, *S. densiflora*, *S. japonica*: "Little Princess", "Little Gemm", "Golden Princess" [8]. За результатами наших досліджень, для озеленення схилів пропонуємо підбирати таксони різної висоти із щільною кроною, для декоративного ефекту використовувати групи з одного виду. На верхній частині схилу рекомендуємо використовувати таксони висотою від 2 до 3 м – *S. vanhouttei*, *S. douglasii*, *S. nipponica*, *S. media*, *S. alba*, середній ярус схилу заповнити рослинами висотою від 1 до 2 м – *S. japonica* L., *S. japonica* "Aurea", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", в нижній частині схилу рекомендуємо висаджувати низькорослі до 0,5 м – *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* "Little Princess" та карликові сланкі форм *S. pumilionum* Zbl. Отже, для озеленення схилів рекомендуємо використовувати представників роду *Spiraea* L. секцій *Calospira*, *Chamaedryon* *Spiraria* рядів *Decumbentes* *Japonicae* *Gemmatae* *Mediae* *Trilobatae* таксонів *S. pumilionum*, *S. japonica* L., *S. japonica* "Little Princess", "Aurea", "Gnom", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", "Anthony Waterer", *S. nipponica*, *S. media*, *S. vanhouttei*, *S. alba*, *S. douglasii*.

Гірський сад об'єднує альпійські або високогірні ландшафти, який формується на ділянках із складним рельєфом. На сьогодні гірський ландшафт створюють із кам'янистих композицій: горбистий сад, сад каміння, гірський сад, альпінарій, ботаніко-географічні ділянки рослинності гірських областей, скельний сад, кам'янистий рокарій, рокарій, підпірні стінки, кам'янистий міксбортер, кам'яниста рабатка, декоративна гірка в інтер'єрі [16], припіднята клумба, терасовий квітник, штучні скелі, ущелини, яри, розсипи, плоский рокарій, гравійний сад, мініатюрний рокарій, кам'янисті доріжки, водойми серед каміння, японський сад. За призначенням гірські сади поділяють на: «моделюючі» – реально існуючі гірські ландшафти і відповідний їм тип рослинності; «фантазійні» – створюють видуманий або перебільшений образ гірської місцевості; «колекційні» – призначені для розмноження і вивчення видів рослин. Деревні рослини є основою майбутніх гірських садів, серед кущових рослин мають поширення культивари виду *S. japonica* [17–19], серед яких за декоративними якостями, а саме куляста форма крони, забарвлення пагонів перевагу має *S. japonica* "Little Princess" [20]. Для проектування гірських садів ландшафтні архітектори вико-

ристовують такі таксони із роду *Spiraea* L.: *S. albiflora* (Miq.) Zabel., *S. vanhouttei* (Briot) Zabel., *S. salicifolia* L., *S. bella* Sims., *S. media* Franz. Schmidt., *S. japonica* "Little Princess" [21]. Композиції гірських садів з деревних та трав'янистих рослин необхідно будувати за принципом контрастності форми крони, кольору листків, структури і розгалуження крони, фактури і забарвлення кори та гілок. Для досягнення цих принципів листяні деревні та кущові рослини поєднують із хвойними, а квітучі навесні – з насадженнями, що мають осіннє яскраве забарвлення [20]. Бонюк, 2014 для кам'янистих садів пропонує таксони *S. japonica*, *S. bullata* Maxim., *S. decumbens*, *S. nipponica* Maxim. "Snowmound", *S. nipponica* f. *Tosaensis* Mak. "Nana" cv.nov. [8].

Вивчивши декоративні якості колекційних зразків роду *Spiraea* L. пропонуємо таке видове різноманіття для формування гірських садів:

- для кам'янистих садів на плоских рельєфах – на задньому плані композиції *S. japonica* L., *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", які мають різноманітне забарвлення листя впродовж вегетаційного періоду, на передньому плані – *S. pumilionum* Zbl.;

- для терасових кам'янистих садів (за вибору рослин керувались формою крони – сланка карликова форма) – *S. pumilionum* Zbl.;

- для японських садів (за вибору рослин керувались строками цвітіння, забарвленням листя та формою крони) – *S. japonica* L., *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. pumilionum* Zbl.;

- для гравійного саду (за вибору рослин керувались структурою і розгалуженням крони, фактурою і забарвленням кори та гілок для формування солітерних насаджень та груп на відкритому просторі) – *S. vanhouttei* (Briot) Zabel, *S. alba* Du Roi (пірамідальна або півкуляста «каскадна» форма крони (для солітерних насаджень), *S. japonica* L., *S. bumalda* Burv., *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* "Aurea", *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. media* Franz. Schmidt, *S. cinerea* Zabel, *S. nipponica* Maxim., *S. vanhouttei* (Briot) Zabel, *S. prunifolia* Sieb. et Zucc., *S. douglasii* Hook., *S. alba* Du Roi, *S. billiardii* Hering, *S. billardii* "Triumphans" (для групових насаджень);

- для мініатюрного рокарію, який створюють у садових вазах, чашах та контейнерах пропонуємо карликові форми *S. pumilionum* Zbl. та *S. japonica* "Gnom", або культивари *S. japonica* L., *S. bumalda* Burv., з яких надалі формують кущ в стилі бонсай;

- для кам'янистої рабатки з тіньовитривалих рослин (за вибору рослин керувались строками цвітіння, колоритністю листя та формою крони) – *S. japonica* L., *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer" (недоліком є втрата колоритності листя в умовах тіньового зростання), *S. pumilionum* Zbl., *S. vanhouttei* (Briot) Zabel, *S. alba* Du Roi, *S. media* Franz. Schmidt, *S. cinerea* Zabel, *S. nipponica* Maxim.

Отже, рекомендуємо використовувати із роду *Spiraea* L. для гравійного саду із секцій *Calospira*, *Chamaedryon*, *Spiraria*, *Glomerati* Nakai. рядів *Mediae*, *Japonicae*, *Gemmatae*, *Mediae*, *Trilobatae*, *Prunifoliae* таксони *S. japonica*, *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Little Princess", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. bumalda* "Goldflame", *S. japonica* "Macrophylla", *S. nipponica*, *S. media*, *S. vanhouttei*, *S. prunifolia*, *S. alba*, *S. douglasii*, *S. billiardii*, *S. billardii* 'Triumphans', *S. cinerea*; для кам'янистої рабатки із секцій *Calospira*, *Chamaedryon* *Spiraria* рядів *Decumbentes* *Japonicae* *Mediae* *Gemmatae* *Trilobatae* таксони *S. pumilionum*, *S. japonica*, *S. japonica* "Macrophylla", *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Goldflame", *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. media*, *S. cinerea*, *S. nipponica*, *S. vanhouttei*, *S. alba*; для кам'янистих садів на плоских рельєфах із секцій *Calospira* ряду *Japonicae* таксони *S. bumalda*, *S. pumilionum*, *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* L., *S. japonica* "Macrophylla", *S. bumalda* "Goldflame"; для мініатюрного рокарію із секцій *Calospira* рядів *Japonicae*, *Decumbentes* таксони *S. japonica*, *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. pumilionum* Zbl., *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* "Macrophylla", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. bumalda* "Goldflame"; для терасових кам'янистих садів із секцій *Calospira* рядів *Decumbentes*, *Japonicae* таксони *S. pumilionum*, *S. japonica* "Gnom", *S. pumilionum*, *S. bumalda* "Anthony Waterer", *S. japonica* "Aurea", *S. japonica* "Gnom", *S. japonica* "Little Princess", *S. japonica* L., *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", *S. japonica* "Macrophylla".

Висновки. За результатами вивчення морфологічних, фенологічних та біометричних показників колекційних зразків роду *Spiraea* L. встановили місце видового різноманіття таволг в архітектурно-планувальній структурі урбоєкосистем. Рекомендовано використовувати як елементи композиційних рішень під час садово-паркового будівництва таксони роду *Spiraea* L.:

– із секції *Calospira* для гірських садів – *S. pumilionum*, *S. japonica* L., *S. japonica* "Little Princess", "Aurea", "Macrophylla", "Gnom", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", "Anthony Waterer"; для бордюр – *S. japonica*, *S. japonica* "Little Princess", "Aurea", *S. bumalda* Burv., *S. bumalda* "Goldflame" і "Anthony Waterer"; для обрамлення композиційних елементів – *S. japonica* L., *S. japonica* "Little Princess", "Aurea", "Macrophylla", "Gnom", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame" і "Anthony Waterer"; для озеленення схилів – *S. pumilionum*, *S. japonica* L., *S. japonica* "Little Princess", "Aurea", "Gnom", *S. bumalda*, *S. bumalda* "Goldflame", "Anthony Waterer"; для груп, алейних посадок, живоплотів середнього розміру – *S. japonica* "Macrophylla";

– із секції *Chamaedryon*: для гірських садів – *S. nipponica*, *S. media*, *S. vanhouttei*, *S. cinerea*; для груп – *S. nipponica*, *S. media*, *S. cinerea*, *S. vanhouttei*; для алейних посадок – *S. media*, *S. nipponica*, *S. cinerea*, *S. vanhouttei*; для живих стін – *S. vanhouttei*; для живоплотів середнього розміру, озеленення схилів, поодиноких (солітерних) посадок – *S. media*, *S. nipponica*, *S. cinerea*, *S. vanhouttei*;

– із секції *Glomerati Nakai*: для гірських садів – *S. prunifolia*; для алейних посадок – *S. prunifolia*; для живоплотів середнього розміру – *S. prunifolia*; для поодиноких посадок – *S. prunifolia*;

– із секції *Spiraria*: для озеленення схилів – *S. douglasii*, *S. alba*; для груп – *S. douglasii*, *S. salicifolia*, *S. alba*, *S. billiardii*, *S. billardii* "Triumphans"; для живих стін – *S. douglasii*; для гірських садів, алейних посадок, поодиноких посадок – *S. douglasii*, *S. alba*, *S. billiardii*, *S. billardii* "Triumphans"; для живоплотів середнього розміру – *S. salicifolia*, *S. alba*, *S. billiardii*, *S. billardii* "Triumphans".

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екополітика. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/comments/yakij-vidsotok-zelenih-nasadzhen-u-kiievi/> Ecopolitic.com.ua.
2. Проект Закону України "Про зелені насадження міст та інших населених пунктів». URL: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc41?Pf3511=55455>.

3. Колдар Л.А. Біоморфологічні особливості рослин *Cercis chinensis* Bunge в умовах інтродукції у Національному дендропарку "Софіївка" НАН України. Інтродукція рослин. 2010. № 2. С. 15–19. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001035801>

4. Андрійко О.Ф. Централізація і децентралізація державного управління: їх співвідношення. Правова держава. 2018. Вип. 29. С. 208–216. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PrDe_2018_29_28.

5. Рибак М., Діденко І. Особливості цвітіння й декоративні якості представників роду *Muscari* Mill., Екологічний дизайн міського середовища: проблеми, досягнення: тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції присвяченій 125-річчю НУБіП України. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. 53 с.

6. Бонюк З.Г. Таволги (*Spiraea* L.): монографія. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 248 с.

7. Липа О.Л. Основний порайонний асортимент дерево-чагарникових порід для озеленення населених місць. Праці біологогрунтознавчого факультету. Київ, 2000. № 6. С. 127–135.

8. Бонюк З.Г. Практичні аспекти використання таволг (*Spiraea* L. Rosaceae Juss.). Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Біла Церква, 2014. С. 11–14.

9. Демченко О.О. Перспективи використання видів роду *Viburnum* L. в умовах Лісостепу України. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. № 26 (3). С. 73–77.

10. Мирончук К.В. Особливості структури, будови та якісного стану живоплотів населених пунктів Буковини. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.3. С. 45–49. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvntu_2012_22.3_7

11. Курницька М.П., Мирончук К.В. Стан живоплотів у сучасному місті. Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. Львів: РВВ НЛТУ України. 2011. Вип. 21.3. С. 8–11.

12. Клименко Ю.О., Кузнецов С.І. Загальне паркознавство (історичні, біолого-екологічні, ландшафтно-лісівничі підходи та методи). Київ: ЦП "Компринт", 2015. 415 с.

13. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підручник. Львів: Вид-во "Світ", 2005. 456 с.

14. Клименко А.В. Живоплоти, боскети, лабіринти. Київ: Вид-во "Дім, сад, город", 2006. 56 с.

15. Прокопчук В.М., Циганський В.І., Монарх В.В., Матусяк М.В. Довідник сучасного ландшафтного дизайнера. Вінниця: ВНАУ, 2016. 172 с.

16. Формування основних типів експозицій у ботанічних садах і дендропарках / С.І. Кузнецов та ін. Київ: Наук. думка, 1994. 198 с.

17. Балабак А.Ф., Варлащенко Л.Г. Створення живоплотів у ландшафтному дизайні: метод. посіб. Умань: УДАУ, 2006. 41 с.

18. Листопадні дерева, кущі та ліани / В.К. Балабушка та ін. Київ, 2006. 114 с.

19. Казанська Н.А., Кузнецов С.І., Вовк Р.Я. Інтродукційний потенціал листяних кущів для створення кам'янистих садів у Поліссі та Лісостепу України. Інтродукція рослин. 2008. № 3. С. 98–104. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001036672>

20. Ковалевський С.Б., Кузнецов С.І., Татарчук Р.Я., Татарчук В.М. Кам'яністі сади м. Києва: сучасний стан, флористичний склад та перспективи створення: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 266 с.

21. Вовк Р.Я. Використання листяних рослин для створення кам'янистих садів: тези доповідей учасників конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів. Київ: Національний аграрний університет. 2008. С. 126–128.

REFERENCES

1. Ecolopolityka [Ecopolitics]. Available at: <https://ecopolitic.com.ua/ua/comments/yakij-vidsotok-zele-nih-nasadzhen-u-kiievi/> Ecopolitic.com.ua.

2. Proekt Zakonu Ukrainy "Pro zeleni nasa-dzhennia mist ta inshykh naselenykh punktiv» [Draft Law of Ukraine "On Green Spaces of Cities and Other Settlements]. Available at: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc41?Pf3511=55455>.

3. Koldar, L.A. (2010). Biomorfologichni os-oblyvosti roslin *Cercis chinensis* Bunge v umovakh introduksii u Natsionalnomu dendroparku "Sofiivka" NAN Ukrainy [Biomorphological features of *Cercis chinensis* Bunge plants under conditions of introduction in the National Arboretum "Sofiivka" of the NAS of Ukraine]. Introduksiia roslin [Introduction Plant]. no. 2, pp. 15–19. Available at: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001035801>

4. Andriiko, O.F. (2018). Tsentralizatsiia i detsentralizatsiia derzhavnoho upravlinnia: yikh spivvidnoshennia [Centralization and decentraliza-tion of public administration: their relationship]. Pravova derzhava [The rule of law]. Issue 29, pp. 208–216. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PrDe_2018_29_28.

5. Rybak, M., Didenko, I. (2023). Osoblyvosti tsvitinnia y dekorativni yakosti predstavnykiv rodu *Muscari* Mill [Peculiarities of flowering and decorative qualities of representatives of the genus *Muscari* Mill]. Ekologichniy dyzain miskoho seredovyscha: problemy, dosiahnennia: tezy dopovidei V Mizhnarod-noi naukovo-praktychnoi konferentsii prysviachenii 125-richchiu NUBiP Ukrainy [Ecological design of the urban environment: problems, achievements: abstracts of reports of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 125th anniversary of the NUBiP of Ukraine]. Kyiv, Editorial and Publishing Department of the NUBiP of Ukraine, 53 p.

6. Boniuk, Z.H. (2008). Tavalhy (*Spiraea* L.): monohrafiia [Meadowsweet (*Spiraea* L.)]. Kyiv, Pub-lishing and Printing Center "Kyiv University", 248 p.

7. Lypa, O.L. (2000). Osnovnyj porajonnyj aso-rtymnt derevo-chagarnykovykh porid dlja ozelenenn-ja naselenykh misc' [The main regional assortment of

tree and shrub species for landscaping of populated areas]. Praci biologog'runtotnavchogo fakul'tetu [Pratsi biologog'runtotnavchogo fakultetu]. Kyiv, no. 6, pp. 127–135.

8. Boniuk, Z.H. (2014). Praktychni aspekty vykorystannia tavalh (*Spiraea* L. Rosaceae Juss.) [Practical aspects of using meadowsweet (*Spiraea* L. Rosaceae Juss.)]. Aktualni problemy ozelenennia naselenykh mist: osvita, nauka, vyrobnytstvo, mys-tetstvo formuvannia landshaftu: materialy II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Current problems of landscaping settlements: education, science, production, art of landscape formation: ma-terials of the II International Scientific and Practical Conference]. Bila Tserkva, pp. 11–14.

9. Demchenko, O.O. (2016). Perspektyvy vyko-rystannia vydiv rodu *Viburnum* L. v umovakh Li-sostepu Ukrainy [Prospects for the use of species of the genus *Viburnum* L. in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]. no. 26 (3), pp. 73–77.

10. Myronchuk, K.V. (2012). Osoblyvosti struktury, budovy ta yakisnoho stanu zhyvoplotiv naselenykh punktiv Bukovyny [Peculiarities of the structure, construction and qualitative condition of hedges of settlements of Bukovina]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Literary and Technical University of Ukraine]. Is-sue 22.3, pp. 45–49. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvntu_2012_22.3_7

11. Kurnytska, M.P., Myronchuk, K.V. (2011). Stan zhyvoplotiv u suchasnomu misti [The condition of hedges in a modern city]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tekhn. prats. [Scientific Bulletin of the NLTU of Ukraine: Collection of Scientific and Technical Works]. Lviv, RVV of the NLTU of Ukraine, Issue 21.3, pp. 8–11.

12. Klymenko, Yu.O., Kuznetsov, S.I. (2015). Za-halne parkoznavstvo (istorychni, bioloho-ekologich-ni, landshaftno-lisivnychi pidkhody ta metody) [Gen-eral park science (historical, biological-ecological, landscape-forestry approaches and methods)]. Kyiv, Central Publishing House "Komprint", 415 p.

13. Kucheriavyyi, V.P. (2005). Ozelenennia naselenykh mist [Greening of populated areas]. Lviv, Publishing house "World", 456 p.

14. Klymenko, A.V. (2006). Zhyvoploty, boskety, labirynty [Hedges, bosquets, labyrinths]. Kyiv, Pub-lishing house "House, garden, garden", 56 p.

15. Prokopchuk, V.M., Tsyhanskyi, V.I., Monarkh, V.V., Matusiak, M.V. (2016). Dovidnyk suchasnoho landshaftnoho dyzainera [Handbook of a Modern Landscape Designer]. Vinnytsia, VNAU, 172 p.

16. Kuznetsov, S.Y., Klymenko, Yu.A., Myron-ova, H.A. (1994). Formuvannia osnovnykh typiv ek-spozycij u botanichnykh sadah i dendroparkah [For-mation of the main types of expositions in botanical gardens and arboreta]. Kyiv, Scientific thought, 198 p.

17. Balabak, A.F., Varlashchenko, L.H. (2006). Stvorennia zhyvoplotiv u landshaftnomu dyzaini:

navch.-metod. posib. [Creation of living creatures in landscape design]. Uman, UDAU, 41 p.

18. Balabushka, V.K., Balabushka, M.P., Ibrahim, L.V., Ulianenko, N.V., Ulianenko, V.Yu. (2006). Ly-stopadni dereva, kushchi ta liany [Deciduous trees, bushes and vines]. Kyiv, 114 p.

19. Kazanska, N.A., Kuznetsov, S.I., Vovk, R.Ya. (2008). Introduktsiyni potentsial lystianykh kushchiv dlia stvorennia kamianystykh sadiv u Polissi ta Lisostepu Ukrainy [Introduction potential of deciduous shrubs for creating rocky gardens in Polissya and the Forest-Steppe of Ukraine]. Introduktsiia roslyn [Introduction of Plants]. no. 3, pp. 98–104. Available at: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001036672>

20. Kovalevskyi, S.B., Kuznetsov, S.I., Tatarchuk, R.Ya., Tatarchuk, V.M. (2020). Kamianysti sady m. Kyieva: suchasnyi stan, florystychnyi sklad ta perspektyvy stvorennia: monohrafiia [Rocky gardens of Kyiv: current state, floristic composition and prospects for creation]. Kyiv, FOP Yamchynskiy O.V., 266 p.

21. Vovk, R.Ya. (2008). Vykorystannia lystianykh roslyn dlia stvorennia kamianystykh sadiv: tezy dopovidei uchasnykiv konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, naukovykh spivrobitnykiv i aspirantiv [Using deciduous plants to create rocky gardens: abstracts of reports of participants of the conference of scientific and pedagogical workers, research assistants and postgraduate students]. Kyiv, National Agrarian University, pp. 126–128.

Decorative qualities of species diversity of the genus *Spiraea* L. and proposals for the use of species as elements of compositional solutions in landscaping

Fiialko A., Rosputniy Ye.

Taking into account the peculiarities of modern trends in the development of populated areas, representatives of the genus *Spiraea* L. occupy a leading place among flowering shrubs in the formation of urban ecosystems as elements of compositional

solutions in the landscaping of city streets, public squares, parks for the formation of hedges and borders, alleys, ornamental clusters of plants and small groups and specimens, rockery gardens, and also have a phytomeliorative function. The aim of the research is to develop proposals for the use of species of this genus as elements of compositional solutions in the greening of populated areas, based on the study of morphological, phenological, and biometric indicators of species diversity and collection samples of the genus *Spiraea* L. The research was conducted in the botanical garden of the Bila Tserkva National University in the “Fruticetum” site and in landscape compositions of the educational buildings of the institution during 2010–2024. The subject of the research is the selection of species diversity of the genus *Spiraea* L. for practical use in landscaping. Based on the results of studying the morphological, phenological and biometric indicators of collection specimens of the genus *Spiraea* L., the place of species diversity of meadowsweet in the architectural and planning structure of urban ecosystems was identified. Proposals have been developed for the use of representatives of the genus *Spiraea* L. as elements of compositional solutions in landscape gardening, specifically 10 taxa are proposed from the *Calospora* section for mountain gardens, for borders – 6; for framing compositional elements – 8; for landscaping slopes – 8; for groups, alley plantings, medium-sized hedges – 1; from the *Chamaedryon* section for mountain gardens – 4; for groups – 4; for alley plantings – 4; for living walls – 1; for medium-sized hedges, landscaping slopes, single (solitary) plantings – 4; from the *Glomerati Nakai* section for mountain gardens – 1; for alley plantings – 1; for medium-sized hedges – 1; for single plantings – 1; from the *Spiraria* section for landscaping slopes – 2; for groups – 5; for living walls – 1; for mountain gardens, alley plantings, single plantings – 4; for medium-sized hedges – 4.

Key words: *Spiraea* L., species, taxon, urban ecosystem, elements of compositional solutions.



Copyright: Фіялко А.Б., Роспутній Є.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:

Фіялко А.Б.

Роспутній Є.М.

<https://orcid.org/0000-0002-1753-7782>

<https://orcid.org/0009-0008-7782-6130>



ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630:232

**Сучасні технології лісовідновлення
в ялицево-букових лісостанах (*Abies alba* – *Fagus sylvatica*)****Коляджин І.Ф.** , **Коциловський Б.А.** , **Коляджин Ю.І.** ,
Гуцуляк М.І. , **Дідик В.М.** *Карпатський національний університет імені Василя Стефаника*

Коляджин І.Ф. E-mail: koliadjunif@gmail.com



Коляджин І.Ф., Коциловський Б.А., Коляджин Ю.І., Гуцуляк М.І., Дідик В.М. Сучасні технології лісовідновлення в ялицево-букових лісостанах (*Abies alba* – *Fagus sylvatica*). «Агробіологія», 2025. № 2. С. 320–328.

Koliadzhyn I., Kotsylovskiy B., Koliadzhyn Yu., Hutsuliak M., Didyk V. Modern technologies of reforestation in fir-beech forests (*Abies alba* – *Fagus sylvatica*). «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 293–328.

Рукопис отримано: 01.10.2025 р.

Прийнято: 16.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-293-328

В умовах науково-технічного прогресу дбайливе ставлення до лісів, раціональне використання їхніх багатств, турбота про відновлення та підвищення їх продуктивності, посилення середовищевірних і соціальних функцій лісу є одним із головних завдань перед лісівниками України.

У статті висвітлено сучасні підходи до лісовідновлення в ялицево-букових лісостанах (*Abies alba* Mill. – *Fagus sylvatica* L.), які є важливим компонентом гірських і передгірських лісів Центральної та Східної Європи. З огляду на посилення антропогенного навантаження та кліматичні зміни обґрунтовано необхідність удосконалення технологій відновлення цих лісових екосистем на засадах сталого лісокористування. У дослідженні проаналізовано ефективність сучасних способів лісовідновлення, зокрема штучного і комбінованого поновлення, а також різних методів розміщення посадкового матеріалу – рядкового та групового (віконного, хвильового). Особливу увагу приділено впливу способу посадки на приживлюваність сіянців, динаміку росту за висотою і діаметром, формування стовбура та загальну стійкість насаджень. Показано, що групові методи посадки забезпечують кращі світлові умови, сприяють інтенсивнішому приросту та формуванню більш стійкої просторової структури деревостанів у порівнянні з традиційними рядковими посадками. Проаналізовано вікові особливості розвитку ялицево-букових насаджень, що дозволило встановити закономірності зміни ростових показників на різних етапах онтогенезу. Наголошено на доцільності поєднання сучасних технологій лісовідновлення з принципами наближеного до природи лісівництва, що сприяє підвищенню продуктивності, екологічної стабільності та біорізноманіття ялицево-букових лісів. Отримані узагальнення можуть бути використані під час розроблення практичних рекомендацій щодо відновлення та формування корінних ялицево-букових лісостанів у різних лісорослинних умовах.

Вивчення лісовідновних процесів у букових і ялицевих лісах показало, що бук європейський добре відновлюється під материнським наметом лісостанів майже в усіх основних типах лісу, найкраще – у вологих бучинах, яличниках і суяличниках за середньої повноти лісостанів.

Ключові слова: лісові ресурси, раціональне лісокористування, лісовідновлення, продуктивність лісів, підвищення лісистості, типи лісу, бук європейський, ялиця біла, лісостани.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Впродовж останніх десятиліть мішані гірські ліси за участю *Fagus sylvatica* L., *Abies alba* Mill. та *Picea abies* (L.) Karst., які в Європі займають понад 10 млн га, виявляють підвищену чутливість до кліматичних змін [1, 2]. Це зумовлено тим, що поширення *Abies alba* та *Fagus sylvatica* вздовж висотних градієнтів лімітується їх відносно низькою стійкістю до літніх посух і дії низьких температур [3–6]. Через подібні екологічні потреби бук і ялиця перебувають у тісній конкурентній взаємодії за основні ресурси середовища – вологу, поживні елементи та світло, що найбільш виражено на початкових етапах формування деревостанів [7–10]. Ялицево-букові ліси – своєрідні лісові екосистеми, у структурі деревостанів яких переважає бук європейський (*Fagus sylvatica* L.), мають визначальне значення для збереження природного біорізноманіття та забезпечують підвищення загальної екологічної стійкості лісових екосистем [11, 12]. У структурі карпатських лісів провідну роль відіграють основні лісоутворювальні породи, серед яких бук лісовий (*Fagus sylvatica* L.), на який припадає приблизно 35 % площ лісових насаджень [13]. Ялиця біла (*Abies alba* Mill.) є однією з провідних лісоутворювальних порід, що домінує у трьох із десяти лісорослинних смуг та трапляється у складі насаджень ще в трьох смугах як супутній компонент [14]. Ялицеві деревостани в Українських Карпатах належать до числа найпоширеніших типів лісових насаджень і за площею поширення посідають третє місце після бука лісового та ялини європейської [15–17].

У ряді досліджень зазначено, що впродовж останніх десятиліть у мішаних гірських лісах спостерігається зростання проблем із природним відновленням ялини, ялиці та бука внаслідок посух [18]. З огляду на високу вразливість цих екосистем, актуальним є проведення детальних досліджень та впровадження конкретних заходів, сталих процесів і стратегій управління для підвищення стійкості гірських ялицево-букових лісів.

Дослідження гірських ялицево-букових лісів, зокрема їхньої структури та продуктивності, є обмеженими як за кількістю, так і регіональним охопленням [19, 20]. Водночас такі дослідження є необхідними для розробки ефективних методів лісовідновлення, які враховують поточний стан довкілля та його потенційні майбутні зміни.

Мета дослідження полягала у науковому обґрунтуванні та оцінці ефективності сучасних технологій лісовідновлення в ялицево-букових лісостанах (*Abies alba* Mill. – *Fagus sylvatica* L.) з урахуванням їх біоекологічних особливостей, типів лісорослинних умов і впливу господарських заходів, з метою забезпечення формування стійких, продуктивних і біологічно різноманітних лісових екосистем.

Матеріал і методи дослідження. Для проведення дослідження використано матеріали лісових дослідних господарств Карпатського регіону [21]. Основні методи включали: лісовпорядкувальні обстеження – визначення вікових груп, щільності насаджень, середнього приросту деревини. Аналіз посадкового матеріалу – оцінка якості сіянців ялиці європейської та бука лісового за розміром кореневої системи, висотою та діаметром стовбура. Польові експерименти – застосування різних технологій посадки: класична рядкова посадка, групова посадка, «віконна» та «хвильова» методики. Моніторинг росту та приживлюваності – вимірювання висоти і діаметра дерев через 1, 3, 5 та 10 років після посадки. Статистичний аналіз – оцінка середньорічного приросту, густоти насаджень і приживлюваності за допомогою методів дисперсійного аналізу та кореляційних залежностей.

Результати дослідження та обговорення. Було проведено експерименти із різною щільністю посадок: 2,5–3,0 тис. шт./га – оптимальна густота; забезпечує максимальний продуктивний приріст на гектар та рівномірний розвиток дерев; 4,0–4,5 тис. шт./га – перевищення густоти спричиняє пригнічення росту, високий ризик розвитку грибкових хвороб і низьку приживлюваність молодих сіянців (78–85 %); 1,5–2,0 тис. шт./га – зменшення густоти збільшує приріст окремих дерев (до 0,65 м/рік), але загальна біомаса на гектар знижується, що економічно менш вигідно.

Це підтверджує необхідність точного планування густоти насаджень залежно від цілей вирощування (лісове господарство, рекреація, біорізноманіття). Дослідження показали чітку залежність середньорічного приросту від віку та технології посадки. Схеми посадки типу «вікна» і «хвилі» використовували у лісовідновленні та реконструкції різновікових насаджень з метою наближення їх структури до природної, підвищення біологічної стійкості й забезпечення безперервності лісоутворювального процесу (рис. 1).



Рис. 1. Схема посадки «вікна» та «хвилі».

Схема «вікна» передбачала створення локальних прогалин у полозі деревостану з подальшим відновленням лісу, тимчасом схема «хвилі» ґрунтувалась на поступовому смугово-хвилястому введенні молодих дерев, що імітує природну динаміку оновлення лісу.

Застосування схем «вікна» та «хвилі» є ефективним у ялицево-букових лісах, оскільки відповідає їх природній динаміці розвитку, підвищує адаптивний потенціал насаджень та стійкість до абіотичних і біотичних стресових чинників. Ці дані свідчать про ефективність сучасних технологій у підвищенні продуктивності насаджень на всіх етапах росту.

Рисунок 2 відображає зростання середньорічного приросту ялицево-букових насаджень із віком незалежно від схеми посадки. Найвищі значення приросту зафіксовано за схемою «хвилі», дещо нижчі – за схемою «вікна», тимчасом рядкова посадка характеризується мінімальними показниками у всіх вікових групах. Це свідчить про вищу ефективність просторово-диференційованих схем посадки щодо стимулювання ростових процесів.

Результати досліджень показали, що в молодших насадженнях віком 1–5 років середня висота рослин становила 1,2–1,5 м, а діаметр – 0,5–0,7 см (табл. 1). На цьому етапі спостерігалася висока приживлюваність сіянців (90–95 %), що обумовлено інтенсивним укорошенням. Найбільший річний приріст зафік-

совано за хвильового способу посадки (0,58 м), тимчасом за рядкового та «віконного» методів він був дещо нижчим.

У вікових групах 6–10 та 11–20 років спостерігається інтенсивне наростання висоти й діаметра дерев, стабільний приріст і збереження високої життєздатності. Перевага за величиною приросту простежується у віконних та хвильових способів посадки, що пов'язано з кращими світловими умовами.

У насадженнях старших за 20 років приживлюваність дещо знижується (80–90 %), однак максимальний приріст і формування головного стовбура спостерігаються саме за групових методів посадки, що свідчить про їх ефективність у довготривалій перспективі. Отримані результати підтверджують ефективність сучасних технологій вирощування ялицево-букових насаджень, особливо методів, що комбінують класичну і групову посадки. Групові та хвильові методи дозволяють забезпечити більш рівномірний підріст та зменшити конкуренцію між деревами. Використання якісного посадкового матеріалу та підготовка ґрунту значно підвищують приживлюваність і сприяють швидкому росту дерев. Оптимізація густоти насаджень має вирішальне значення для формування продуктивного деревостану та підтримання біорізноманіття.

Економічна ефективність технологій проявляється у скороченні строків до створення високопродуктивних насаджень і зменшенні

затрат на догляд за підростом. Сучасні технології вирощування ялицево-букових насаджень, зокрема групова і хвильова посадки, підвищують продуктивність деревостану на 15–20 % порівняно з класичною посадкою. Якісний посадковий матеріал та правильна підготовка ґрунту є критичними факторами

для приживлюваності сіянців. Оптимальна густина посадок для ялицево-букових насаджень становить 2,5–3,0 тис. шт./га. Використання сучасних технологій дозволяє досягти високої продуктивності насаджень та забезпечити сталість лісових екосистем у помірному кліматі.

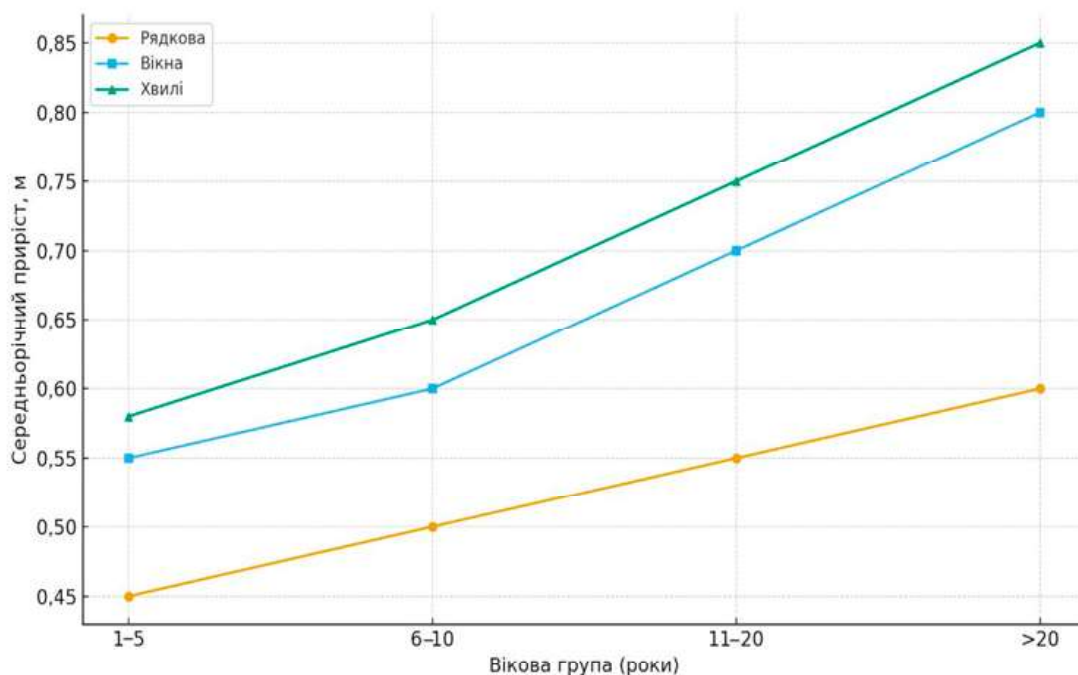


Рис. 2. Середньорічний приріст ялицево-букових насаджень по вікових групах для трьох методів посадки: рядкова, вікна та хвильова.

Таблиця 1 – Характеристика показників приросту по віку та технології посадки

Вікова група (роки)	Висота, м	Діаметр, см	Приріст за методами посадки	Приживлюваність	Примітка
1–5	1,2–1,5	0,5–0,7	Рядкова: 0,45 м Вікна: 0,55 м Хвилі: 0,58 м	90–95 %	Активне укорінення сіянців
6–10	3,0–4,5	2,0–3,0	Рядкова: 0,50 м Вікна: 0,60 м Хвилі: 0,65 м	88–95 %	Приріст стимулює доступ світла
11–20	7,0–10,0	5,0–7,5	Рядкова: 0,55 м Вікна: 0,70 м Хвилі: 0,75 м	85–93 %	Стабільний приріст у групових посадках
>20	12,0–18,0	12,0–15,0	Рядкова: 0,60 м Вікна: 0,80 м Хвилі: 0,85 м	80–90 %	Максимальний приріст у групових посадках; формування головного стовбура

У процесі проведення дослідження було здійснено комплексний аналіз стану та динаміки розвитку ялицево-букових насаджень у різних умовах зростання. Особливу увагу приділено біометричним характеристикам деревостанів, структурі насаджень за віком, густотою, складом, а також оцінці приросту і запасів деревини. Крім того, проведено оцінку впливу різних технологічних підходів до вирощування на продуктивність та стійкість насаджень.

У таблиці 2 наведено біометричні показники ялицево-букових насаджень залежно від умов місцезростання у різних висотних поясах. Аналіз даних свідчить про чітку диференціацію таксаційних характеристик деревостанів у межах нижнього, середнього та верхнього гірських поясів.

У нижньому гірському поясі зафіксовано найвищу густоту насаджень – 1350 шт./га, що зумовлює максимальний запас деревини, який становить 340 м³/га, а також найбільший середньорічний приріст – 5,1 м³/га. Середня висота дерев у цих умовах досягає 28 м, за середнього діаметра 34 см.

Насадження середнього гірського поясу характеризуються дещо меншою густотою (1200 шт./га) та запасом деревини (310 м³/га).

Водночас у цьому поясі відмічено найбільші значення середньої висоти та діаметра дерев – відповідно 30 м і 36 см, що свідчить про сприятливі умови для індивідуального росту дерев. Середньорічний приріст тут становить 4,7 м³/га.

У верхньому гірському поясі спостерігається зменшення всіх досліджуваних показників: густота насаджень знижується до 950 шт./га, запас деревини – до 260 м³/га, а середньорічний приріст – до 4,2 м³/га. Середня висота та діаметр дерев також є найменшими і становлять відповідно 25 м та 31 см, що відображає обмежувальний вплив більш суворих ґрунтово-кліматичних умов на ріст і продуктивність ялицево-букових деревостанів.

Аналіз вікової структури свідчить, що найбільш продуктивними є середньовікові та пристигаючі насадження (60–100 років), де спостерігається максимальний приріст запасу деревини (табл. 3). Молодняки (до 40 років) характеризуються підвищеною густотою (понад 2000 шт./га), однак мають низький середній діаметр та запас. Старовікові насадження (понад 120 років) мають високий запас деревини, проте їхній середньорічний приріст зменшується.

Таблиця 2 – Біометричні показники ялицево-букових насаджень у різних умовах

Умови місце-зростання	Густота, шт./га	Запас деревини, м ³ /га	Приріст, м ³ /га/рік	Середня висота, м	Середній діаметр, см
Нижній гірський пояс	1350	340	5,1	28	34
Середній гірський пояс	1200	310	4,7	30	36
Верхній гірський пояс	950	260	4,2	25	31

Таблиця 3 – Вікова структура ялицево-букових насаджень

Вікова група	Густота, шт./га	Запас деревини, м ³ /га	Приріст, м ³ /га/рік
Молодняки (до 40 р.)	2100	140	3,1
Середньовікові (41–60 р.)	1600	280	4,8
Пристигаючі (61–100 р.)	1200	350	5,3
Стиглі (101–120 р.)	950	370	4,4
Старовікові (>120 р.)	700	390	3,6

Результати показали, що у більшості дослідних ділянок переважають змішані ялицево-букові насадження з домінуванням бука європейського (*Fagus sylvatica* L.). Співвідношення між видами становить у середньому 60:40 (бук:ялиця) (табл. 4). У більш зволжених ділянках спостерігається більша частка ялиці білої (*Abies alba* Mill.), тимчасом на більш сухих і теплих ділянках – більша частка бука. На всіх облікових ділянках домінуючою породою є бук лісовий, частка якого коливається від 55 до 65 %. Максимальне представництво бука зафіксовано на ділянці № 1 (65 %), тимчасом мінімальне – на ділянці № 2 (55 %). Ялиця біла займає друге місце у структурі насаджень, її частка варіює в межах 30–40 %. Найбільша участь ялиці відмічена на ділянці № 2 (40 %), що свідчить про посилення її ролі у формуванні деревостану на цій території. На ділянках № 1 та № 3 частка ялиці становить відповідно 30 та 35 %. Інші деревні породи представлені незначною мірою і стабільно становлять 5 % на всіх дослідних ділянках, що вказує на відносну однорідність видового складу та переважання двох головних лісоутворювальних порід – бука лісового та ялиці білої.

Таблиця 4 – Видова структура насаджень за ділянками, %

Ділянка	Бук	Ялиця	Інші породи
№ 1	65	30	5
№ 2	55	40	5
№ 3	60	35	5

Дослідження показали, що максимальний приріст деревини фіксується у період від 40 до 80 років, після чого відбувається поступове зниження. У ялицево-букових насадженнях середній приріст на 1 га за цей період може сягати 5–6 м³/га/рік, що перевищує показники монодомінантних букових чи ялицевих насаджень.

На рисунку 3 показано зміну середньорічного приросту залежно від віку насаджень.

Порівняння різних технологій вирощування показало, що природне поновлення забезпечує стійкість і генетичну різноманітність, проте потребує більше часу для досягнення високої продуктивності. Підсадка саджанців ялиці у бучинах сприяє підвищенню видового різноманіття і формуванню змішаних насаджень. Використання селекційно відібраних саджанців дозволяє збільшити приріст на 10–15 % порівняно з природними популяціями. Агротехнічні заходи (освітлення, розчистка, догляд за підростом) позитивно впливають на виживаність і розвиток молодняків.

Практичні рекомендації для Карпат – пріоритет природного відновлення: збереження та стимулювання підросту ялиці й бука під пологом стиглих деревостанів. Регульовані рубки: застосування поступових, вибіркових та комбінованих рубок для створення вікон і «хвиль випуску» підросту. Урахування мікросередовища: збереження вологи та захист підросту від пізніх заморозків, перегріву і конкуренції трав'яного покриву. Захист

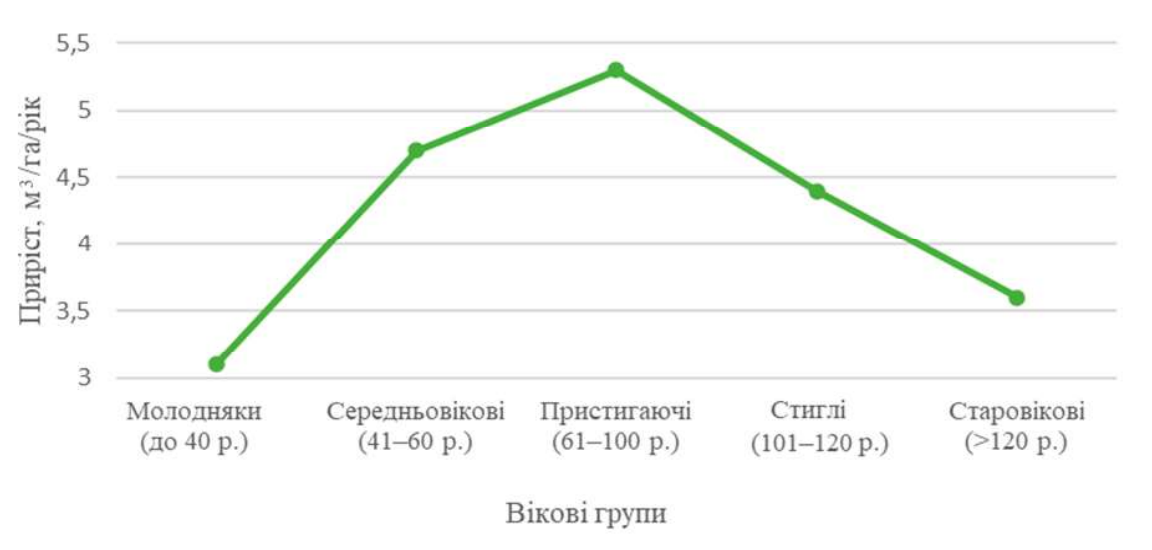


Рис. 3. Динаміка середньорічного приросту ялицево-букових насаджень у різних вікових групах.

від пошкоджень: обмеження випасу худоби, контроль чисельності копитних, охорона молодняків від витоптування. Адаптація до кліматичних змін: формування мішаних і різновікових лісів для підвищення стійкості до посух, шкідників і вітровалів. Використання локального насіння: перевага автохтонних популяцій у штучному відновленні для збереження генетичної різноманітності.

Висновки. Проведений аналіз засвідчив, що застосування сучасних, наближених до природи технологій лісовідновлення в ялицево-букових лісостанах є ефективним способом формування стійких і продуктивних лісових екосистем. Найбільш результативними виявилися групові способи посадки, які забезпечують кращі світлові умови, вищу приживлюваність та інтенсивніший ріст дерев порівняно з традиційними рядковими методами. Поєднання штучного і природного поновлення з урахуванням типів лісу та вікових особливостей насаджень сприяє підвищенню екологічної стабільності, біорізноманіття й господарської цінності ялицево-букових лісів України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Contrasting effects of environmental change on the radial growth of co-occurring beech and fir trees across Europe / M. Bosela et al. *Science of the Total Environment*. 2018. 615. P. 1460–1469. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.092
2. The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe / T. Hilmers et al. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2019. 92(5). P. 512–522. DOI: 10.1093/forestry/cpz035
3. Maxime C., Hendrik D. Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. *Trees*. 2011. 25(2). P. 265–276. DOI: 10.1007/s00468-010-0503-0
4. Zimmermann C., Hauck M., Dulamsuren C., Leuschner C. Climate warming-related growth decline affects *Fagus sylvatica*, but not other broad-leaved tree species in Central European mixed forests. *Ecosystems*. 2015. 18(4). P. 560–572. DOI: 10.1007/s10021-015-9849-x
5. Lebourgeois F., Bréda N., Ulrich E., Granier A. Climate-tree-growth relationships of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Trees*. 2005. 19. P. 385–401. DOI: 10.1007/s00468-004-0397-9
6. Differential climate-growth relationships in *Abies alba* Mill. and *Fagus sylvatica* L. in Mediterranean mountain forests / A. Rita et al. *Dendrochronologia*. 2014. 32(3). P. 220–229. DOI: 10.1016/j.dendro.2014.04.001
7. Pretzsch H. Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long term experimental plots. *European Journal of Forest Research*. 2005. 124. P. 193–205. DOI: 10.1007/s10342-005-0068-4
8. Competition for water rather than facilitation in mixed beech-fir forests after drying-wetting cycle / R.K. Magh et al. *Journal of Hydrology*. 2020. 587 p. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.124944
9. Фітоценотичні передумови всихання *Abies alba* Mill. у лісових ценозах Покутських Карпат / М. Сорока та ін. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2019. 18. С. 21–34. DOI: 10.15421/411902
10. Системно-структурні особливості фітобіоти ялицево-букових лісів Покутських Карпат / М.І. Сорока та ін. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2024. (26). С. 20–34. DOI: 10.15421/412401
11. Response of the leaf phenology and treering width of European beech to climate variability / T. Kolar et al. *Silva Fennica*. 2016. 50(2). DOI: 10.14214/sf.1520
12. Приндак В.П., Мерцало М.В., Куриляк В.М. Структура і ріст ялицево-букових деревостанів у НПП "Сколівські Бескиди". *Scientific Bulletin of UNFU*. 2024. 34(8). С. 29–39. DOI: 10.36930/40340804
13. Дослідження причин всихання деревостанів ялиці білої (*Abies alba* Mill.) в Українських Карпатах / О.О. Погрібний та ін. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 8. С. 9–13. DOI: 10.15421/40280801
14. Relationships between Tree Age and Climate Sensitivity of Radial Growth in Different Drought Conditions of Qilian Mountains, Northwestern China / L. Zhang et al. *Forests*. 2018. 9. P. 135–138. DOI: 10.3390/f9030135
15. Гостюк З.В. Антропогенна модифікованість ландшафтів Покутських Карпат. *Український географічний журнал*. 2018. 2(102). С. 43–50. DOI: 10.15407/ugz2018.02.043
16. Стан і структура ялицевих лісів Покутських Карпат / В.П. Лосюк та ін. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2022. Вип. 24. С. 79–90. DOI: 10.15421/412207
17. Стан і структура природних ялинових лісів Покутських Карпат / В.П. Лосюк та ін. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2021. 22. С. 52–67.
18. Latreille A., Davi H., Huard F., Pichot Ch. Variability of the climate-radial growth relationship among *Abies alba* trees and populations along altitudinal gradients. *Forest Ecology and Management*. 2017. 396. P. 150–159. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.04.012
19. Nothdurft A., Engel M. Climate sensitivity and resistance under pure and mixed-stand scenarios in Lower Austria evaluated with distributed lag models and penalized regression splines for treering time series. *European Journal of Forest Research*. 2020. 139. P. 189–211. DOI: 10.1007/s10342-019-01234-x
20. Pretzsch H., Biber P., Uhl E., Dauber E. Long-term stand dynamics of managed sprucefir-

beech mountain forests in Central Europe: structure, productivity and regeneration success. *Forestry*. 2015. 88. P. 407–428. DOI: 10.1093/forestry/cpv013

21. Коваленко П.О. Сучасні технології відновлення лісів. Львів, 2019. 256 с.

REFERENCES

1. Bosela, M., Lukac, M., Castagneri, D., Sedmák, R., Biber, P., Carrer, M., Büntgen, U. (2018). Contrasting effects of environmental change on the radial growth of co-occurring beech and fir trees across Europe. *Science of the Total Environment*. no. 615, pp. 1460–1469. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.092
2. Hilmers, T., Avdagić, A., Bartkiewicz, L., Bielak, K., Binder, F., Bončina, A., Pretzsch, H. (2019). The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. no. 92(5), pp. 512–522. DOI: 10.1093/forestry/cpz035
3. Maxime, C., Hendrik, D. (2011). Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. *Trees*. no. 25(2), pp. 265–276. DOI: 10.1007/s00468-010-0503-0
4. Zimmermann, J., Hauck, M., Dulamsuren, C., Leuschner, C. (2015). Climate warming-related growth decline affects *Fagus sylvatica*, but not other broad-leaved tree species in Central European mixed forests. *Ecosystems*. no. 18(4), pp. 560–572. DOI: 10.1007/s10021-015-9849-x
5. Lebourgeois, F., Bréda, N., Ulrich, E., Graniér, A. (2005). Climate-tree-growth relationships of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Trees*. no. 19, pp. 385–401. DOI: 10.1007/s00468-004-0397-9
6. Rita, A., Gentilesca, T., Ripullone, F., Todaro, L., Borghetti, M. (2014). Differential climate-growth relationships in *Abies alba* Mill. and *Fagus sylvatica* L. in Mediterranean mountain forests. *Dendrochronologia*. no. 32(3), pp. 220–229. DOI: 10.1016/j.dendro.2014.04.001
7. Pretzsch, H. (2005). Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. *European Journal of Forest Research*. no. 124, pp. 193–205. DOI: 10.1007/s10342-005-0068-4
8. Magh, R.K., Eiferle, C., Burzlaff, T., Dannenmann, M., Rennenberg, H., Dubbert, M. (2020). Competition for water rather than facilitation in mixed beech-fir forests after drying-wetting cycle. *Journal of Hydrology*. 587 p. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.124944
9. Soroka, M., Vozniak, A., Goichuk, A., Onys'kiv, A., Plikhtyak, P. (2019). Fitotsenotichni peredumovy vsykhannya *Abies alba* Mill. u lisovykh tsenozakh Pokutskykh Karpat [Phytocoenotic prerequisites of silver fir dieback in forest communities of the Pokutian Carpathians]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]*. no. 18, pp. 21–34. DOI: 10.15421/411902
10. Soroka, M.I., Vozniak, A., Plikhtyak, P.P., Goichuk, A.F., Kulbanska, I.M. (2024). Systemno-strukturni osoblyvosti fitobioty yalycevo-bukovykh lisiv Pokutskykh Karpat [System-structural features of the phytobiota of fir-beech forests in the Pokutian Carpathians]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]*. no. 26, pp. 20–34. DOI: 10.15421/412401
11. Kolar, T., Giagli, K., Trnka, M., Bednarova, E., Vavrick, H., Rybníček, M. (2016). Response of the leaf phenology and tree-ring width of European beech to climate variability. *Silva Fennica*. no. 50(2). DOI: 10.14214/sf.1520
12. Pryndak, V.P., Mertsalo, M.V., Kurilyak, V.M. (2024). Struktura i rist yalycevo-bukovykh derevostaniv u NPP "Skolivski Beskydy" [Structure and growth of fir-beech stands in Skole Beskids National Nature Park]. *Scientific Bulletin of UNFU*. no. 34(8), pp. 29–39. DOI: 10.36930/40340804
13. Pohrebnyi, O.O., Yushpovych, Yu.M., Zaika, V.K., Zaiachuk, V.Ya., Ostashuk, R.V., Kopolovets, Ya.M., Shalovylo, Yu.I. (2018). Doslidzhennia pry chyn vsykhannya derevostaniv yalytsi biloi (*Abies alba* Mill) v Ukrainskykh Karpatakh [Study of the causes of silver fir dieback in the Ukrainian Carpathians]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]*. no. 28(8), pp. 9–13. DOI: 10.15421/40280801
14. Zhang, L., Jiang, Yu., Zhao, Sh., Jiao, L., Wen, Ya. (2018). Relationships between tree age and climate sensitivity of radial growth in different drought conditions of Qilian Mountains, Northwestern China. *Forests*. no. 9, pp. 135–138. DOI: 10.3390/f9030135
15. Hostiuk, Z.V. (2018). Antropohenna modifikovanishist' landshaftiv Pokutskykh Karpat [Anthropogenic modification of landscapes in the Pokutian Carpathians]. *Ukrainskyi Heohrafichnyi Zhurnal [Ukrainian Geographical Journal]*. no. 2(102), pp. 43–50. DOI: 10.15407/ugz2018.02.043
16. Losiuk, V.P., Pohrebnyi, O.O., Tomych, M.V., Chaskovskiy, O.H., Vandzhurak, P.I. (2022). Stan i struktura yalytsievkykh lisiv Pokutskykh Karpat [State and structure of fir forests in the Pokutian Carpathians]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]*. no. 24, pp. 79–90. DOI: 10.15421/412207
17. Losyuk, V.P., Pohrebnyi, O.O., Tomych, M.V., Chaskovskiy, O.H., Vandzhurak, P.I., Debryniuk, Yu.M. (2021). Stan i struktura pryrodnykh yaly-novykh lisiv Pokutskykh Karpat [State and structure of natural spruce forests in the Pokutian Carpathians]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]*. no. 22, pp. 52–67.
18. Latreille, A., Davi, H., Huard, F., Pichot, Ch. (2017). Variability of the climate-radial growth relationship among *Abies alba* trees and populations along altitudinal gradients. *Forest Ecology and Man-*

agement. no. 396, pp. 150–159. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.04.012

19. Nothdurft, A., Engel, M. (2020). Climate sensitivity and resistance under pure- and mixed-stand scenarios in Lower Austria evaluated with distributed lag models and penalized regression splines for tree-ring time series. *European Journal of Forest Research*. no. 139, pp. 189–211. DOI: 10.1007/s10342-019-01234-x

20. Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dauber, E. (2015). Long-term stand dynamics of managed spruce-fir-beech mountain forests in Central Europe: structure, productivity and regeneration success. *Forestry*. no. 88, pp. 407–428. DOI: 10.1093/forestry/cpv013

21. Kovalenko, P.O. (2019). Suchasni tekhnologii vidnovlennia lisiv [Modern technologies of forest restoration]. Lviv, 256 p.

Koliadzhyn I., Kotsylovskiy B., Koliadzhyn Yu., Hutsuliak M., Didyk V.

Modern technologies of reforestation in fir-beech forests (*Abies alba* – *Fagus sylvatica*)

In the context of scientific and technological progress careful treatment of forests, rational use of their resources, caring for the regeneration and productivity enhancement, as well as the strengthening of environmental-forming and social functions of forests, are among the main tasks facing foresters in Ukraine.

The article highlights modern approaches to reforestation in silver fir-European beech forest stands (*Abies alba* Mill. – *Fagus sylvatica* L.), which are an important component of mountain and foothill forests of Central and Eastern Europe. Considering the increasing anthropogenic pressure and climate change, the need to improve technologies for restoring these

forest ecosystems based on the principles of sustainable forest management is substantiated. The study analyzes the effectiveness of modern reforestation methods, including artificial and combined regeneration, as well as various planting layouts – row and group methods (gap and wave planting). Particular attention is paid to the influence of planting methods on seedling survival, growth dynamics in terms of height and diameter, trunk formation, and the overall stability of forest stands. It has been shown that group planting methods provided better light conditions, promoted more intensive growth, and contributed to the formation of a more stable spatial structure of stands compared to traditional row planting. The age-related characteristics of the development of fir-beech stands have been analyzed, which made it possible to identify patterns of changes in growth indicators at different stages of ontogenesis. The expediency of combining modern reforestation technologies with the principles of close-to-nature silviculture, which contributes to increasing the productivity, ecological stability and biodiversity of fir-beech forests has been emphasized. The obtained generalizations can be used to develop practical recommendations for the restoration and formation of indigenous fir-beech forest stands under various forest vegetation conditions.

The study of forest regeneration processes in beech and fir forests has shown that European beech regenerates well under the canopy of parent stands in almost all major forest types, with the best regeneration observed in moist beech forests, fir forests, and mixed fir-beech forests at medium stand density.

Key words: forest resources, sustainable forest management, reforestation, forest productivity, increase in forest cover, forest types, European beech, silver fir, forest stands.



Copyright: Коляджин І.Ф. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Коляджин І.Ф.
Коциловський Б.А.
Коляджин Ю.І.
Гуцуляк М.І.
Дідик В.М.

<https://orcid.org/0000-0001-8045-5678>
<https://orcid.org/0009-0001-3791-395x>
<https://orcid.org/0009-0004-8902-7214>
<https://orcid.org/0009-0003-0046-5035>
<https://orcid.org/0009-0006-7317-9488>

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*18:502.131.1

**Сталий менеджмент природних ресурсів
як основа збереження біорізноманіття лісових екосистем**

Левандовська С.М. , Пенькова С.М. ,
Ситник О.С. , Кімейчук І.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет svtmzel@gmail.com

Левандовська С.М., Пенькова С.М., Ситник О.С., Кімейчук І.В. Сталий менеджмент природних ресурсів як основа збереження біорізноманіття лісових екосистем. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 329–338.

Levandovska S., Penkova S., Sytnyk O., Kimeichuk I. Sustainable natural resources management as the basis for biodiversity conservation in forest ecosystems. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 329–338.

Рукопис отримано: 25.09.2025 р.

Прийнято: 10.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-329-338

У статті комплексно досліджено поточні чинники та умови того як сталий менеджмент природних ресурсів може використовувати функціональні інструменти, які спрямовані на утримання біорізноманіття лісових екосистем України за умов тривалих кліматичних змін і антропогенного впливу. Досліджено і виділено провідні підходи щодо управління лісовими екосистемами, які спрямовані на забезпечення високої екологічної стійкості та соціально-економічної ефективності ресурсозабезпечення. Мета дослідження – розробити концептуальні основи сталого менеджменту природних ресурсів для підтримки біорізноманіття лісових екосистем України та запропонувати стратегії їх практичної реалізації. Дослідження базується на статистичних даних Державного агентства лісових ресурсів України, супутникових знімках цифрового походження, ГІС-технологіях відображення окремих територій з лісовими масивами в межах Черкаської області. Сформовано інтегровану модель менеджменту, яка поєднує моніторинг біорізноманіття, стає лісівництво та залучення громад, і розробку стратегій поширення біорізноманіття, що включає розширення природоохоронних територій, адаптацію до кліматичних змін і сертифікацію лісових масивів на території України. Запропоновано створення ГІС-платформи для прийняття рішень із відкритим доступом, що враховує порогові значення видового багатства та індекси рівномірності. Розвиток отримала модель сталого менеджменту для факт-чекінгу лісових ресурсів, що сприяє впровадженню практики вибіркового рубок, розширенню заповідних територій та автономізації територіальних громад за управління лісами. Запропоновано комплекс стратегічних підходів до збереження та відтворення біорізноманіття лісових екосистем України. Подальші дослідження можуть бути сконцентровані на гармонізації національного лісового законодавства з європейськими стандартами, зокрема нормами Конвенції про біологічне різноманіття. Розвиток отримали питання апробації моделей управління лісами з місцевими громадами для посилення легітимності природоохоронних рішень та розвитку екотуризму у межах лісових територій.

Ключові слова: природні ресурси, лісові екосистеми, лісова флора й фауна, заповідні території, екологія лісу, стає природо-користування, біорізноманіття.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Майбутнє України визначається не лише рівнем наявного природно-ресурсного потенціалу, а й раціональністю його використання. Цей компонент став актуальним в умовах кризового стану лісового господарства, де екосистеми зазнали суттєвих антропогенних трансформацій через військові дії, що призвели до зниження їхньої природної продуктивності, деградації ландшафтів та скорочення біорізноманіття. За останнє тисячоліття площа лісових масивів в Україні скоротилася більш ніж утричі, а їхні екологічні та захисні функції суттєво поступаються потенційно можливим, що ставить перед державою і суспільством виклик пошуку нових моделей управління, у яких сталий менеджмент природних ресурсів це основа для збереження біорізноманіття та забезпечення екологічної стабільності [10].

Сучасний стан наукових досліджень у галузі сталого менеджменту природних ресурсів як основи збереження біорізноманіття лісових екосистем характеризується значною увагою науковців до проблематики формування комплексної стратегії управління лісоресурсним потенціалом, що має забезпечувати досягнення паритету між екологічними, економічними та соціальними компонентами сталого розвитку лісового господарства України.

Із матеріалів робіт авторства О. Дзюбенко [2], В. Никифорак, Я. Сеньовська, І. Човбан [12], виділено питання особливостей лісогосподарської діяльності в Україні через необхідність забезпечення еколого-економічної і соціальної ефективності та впровадження новітніх управлінських підходів, що відповідають принципам збереження біологічного різноманіття й підтримання екологічної стійкості лісових екосистем. Визначаємо внесок вчених А. Карпук, Ю. Несторук [8] у розробку методологічних засад оцінки ефективності сталого лісоуправління, в яких запропоновано інноваційний проєкт критеріїв та індикаторів для управління лісами в Україні з визначенням принципів основ процесу оцінювання інформативного списку індикаторів та заходів з охорони біорізноманіття в контексті довгострокового збереження природних комплексів. Екологічні проблеми організації лісового комплексу України досліджено у працях В. Ткач та ін. [4],

Л. Плотка, С. Ситник [15], в площині яких розглянуто регіональні особливості розподілу лісових масивів та їх впливу на збереження екологічної стабільності територій з високим рівнем біологічного різноманіття. Спектр питань, що стосуються принципів, методів, передумов реформування системи управління лісами на засадах екологічної безпеки та збереження біорізноманіття лісових екосистем, всебічно розглянуто у публікаціях М. Дяченко, В. Жмуденко [3], О. Любинський та ін. [11], де окреслено стратегічні завдання трансформації наявної системи лісоуправління у напрямку інтегрованого природоорієнтованого менеджменту.

Мета статті – дослідження концептуальних засад застосування сталого менеджменту у сфері збереження природних ресурсів лісових екосистем України та окреслення основних напрямів збереження лісового біорізноманіття.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження ґрунтується на офіційних даних Державного агентства лісових ресурсів України, зокрема на показниках загальної площі лісового фонду та рівня лісистості території. Використано супутникові знімки, а для просторового аналізу структури лісостанів – форматні знімки із застосуванням сучасних ГІС-технологій. Емпірична частина включала аналіз даних, зібраних під час польових досліджень у Звенигородському районі Черкаської області.

Результати дослідження та обговорення. Україна належить до числа провідних лісових держав Європи, її територія характеризується значним природно-ресурсним потенціалом, і забезпечення сталого менеджменту лісового господарства є визначальною умовою збереження біорізноманіття лісових екосистем. За офіційними даними Державного агентства лісових ресурсів України, станом на 2024 рік площа лісових ділянок, які входять до складу лісового фонду держави, становила 10,4 млн га, з яких 9,6 млн га вкриті деревною та чагарниковою рослинністю, що свідчить про вагомий обсяг екосистемних ресурсів, які потребують збалансованого використання та належного захисту [1].

Рівень лісистості території України становить близько 16 %, і хоча за абсолютними показниками площі лісів держава займає високі позиції в європейському рейтингу, про-

те за відношенням площі лісів до загальної площі території Україна посідає лише 34-те місце серед країн Європи. Водночас маємо зазначити, що на одного жителя України припадає в середньому 0,23 га лісу, що у 14 разів менше за аналогічний показник у більшості європейських країн, це ставить перед суспільством серйозні виклики щодо необхідності раціонального управління цим ресурсом [1]. Тимчасом загальний запас деревини оцінюється у 2,3 млрд м³, що дозволяє державі посідати 6-те місце в Європі, проте нерівномірний розподіл лісових ресурсів у різних природно-кліматичних зонах, зокрема їхня максимальна концентрація в Карпатському регіоні, потребує впровадження диференційованих підходів до сталого лісокористування [17].

Окремим викликом для лісів України є зростаюча пожежна небезпека, яка формується під впливом глобальних змін клімату та трансформації кліматичного режиму на регіональному рівні. За дослідження ретроспективної динаміки ландшафтних пожеж в Україні впродовж останніх сорока років (рис. 1.), виявляється тривожна тенденція, коли площа лісових пожеж у середньому зросла майже у сто разів, що свідчить про системний прояв проблеми.

Формуємо наукову ініціативу, яка спрямована на формування інтегрованої моделі менеджменту природних ресурсів,

як базової передумови розширення у біорізноманітті національних лісових екосистем. В межах пропозиції, саме економічні інтереси деревообробної та рекреаційної діяльності мають бути узгоджені з екологічними обмеженнями й соціальними очікуваннями місцевих громад [18]. У структурі проєкта центральне місце займає роль заповідних територій, які виконують не лише охоронну, а й відновну та демонстраційну функції: саме на території заповідних об'єктів доцільно апробувати протоколи природоорієнтованого лісівництва, проводити контрольовані експерименти з відновлення природної структури лісостанів і формувати екологічні коридори між осередками високої природної цінності, що сукупно забезпечує збереження генетичного різноманіття та стійкість рослинних угруповань до кліматичних і антропогенних стресів (рис. 2.) [6, 14].

Оцінювання стану та використання ресурсів доцільно проводити за трьома взаємопов'язаними напрямками: 1) перехід до вибіркового рубок, підвищення глибини перероблювання й мінімізація втрат по ланцюгу постачання; 2) недержавні ресурси та створення легальних, прозорих схем збору і збуту з акцентом на додану вартість (дикороси, лікарська сировина і зменшує тиск на ліс); 3) рекреаційний потенціал через прозоре зонування, стандарти відвідування та інфраструктура низького впливу (табл. 1) [13, 16].

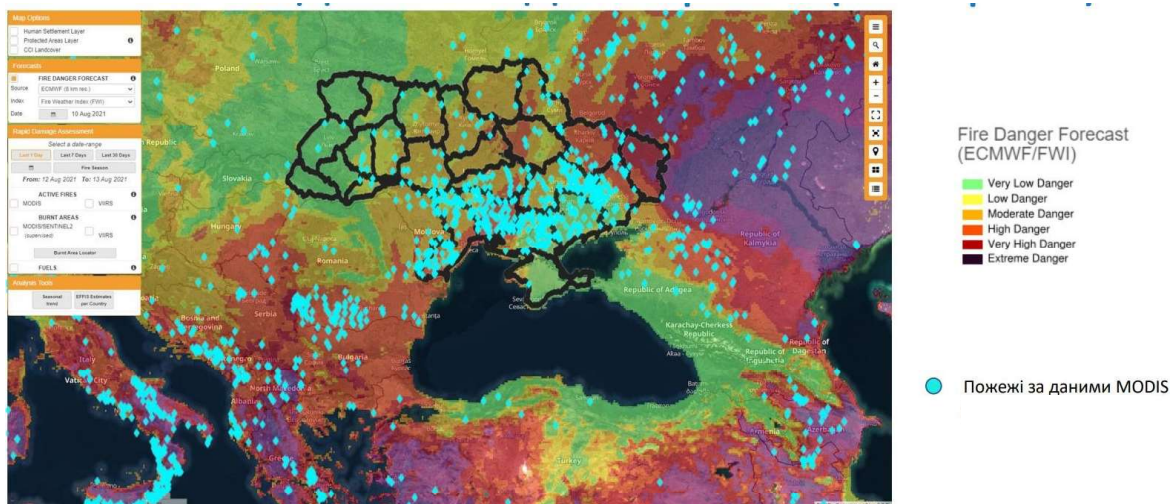


Рис. 1. Супутникова цифрова карта оцінки загроз поширення лісових пожеж на території України [19].



Рис. 2. Забезпечення контролю і моніторингу поширення лісового масиву (приклад Звенигородський район Черкаської області) [19].

Таблиця 1– Стратегії сталого менеджменту природних ресурсів для збереження біорізноманіття лісових екосистем України

Назва стратегії	Сутність та перебіг реалізації
1. Розширення мережі природоохоронних територій	Створення та розширення природоохоронних територій є ключовим для збереження біорізноманіття лісових екосистем України. Захист середовищ існування рідкісних і зникаючих видів рослин і тварин, сприяє збереженню екофункцій.
2. Впровадження сталого лісокористування	Стале управління лісовими ресурсами передбачає використання екологічно збалансованих методів лісозаготівлі, відновлення лісових насаджень та збереження природних лісових екосистем. Застосування принципів сертифікації лісів (наприклад, FSC) та агролісомеліоративних практик сприяє зменшенню деградації лісів і підтримує біорізноманіття.
3. Залучення місцевих громад до управління ресурсами	Активна участь місцевих громад у збереженні лісових екосистем сприяє сталому управлінню природними ресурсами. Громадські ініціативи, що враховують потреби місцевого населення, забезпечують ефективне збереження лісів і підтримують соціально-екологічний баланс територій.
4. Відновлення деградованих лісових екосистем	Інвестиції у проекти лісовідновлення спрямовані на регенерацію деградованих лісових ділянок, збереження біорізноманіття та зміцнення стійкості лісових екосистем.
5. Адаптація до зміни клімату	Боротьба зі зміною клімату передбачає реалізацію комплексу заходів, спрямованих на адаптацію лісових екосистем до трансформованих кліматичних умов, а саме: використання кліматично стійких деревних порід, зниження рівня викидів парникових газів через підвищення енергоефективності та розширення використання відновлюваних джерел енергії тощо.
6. Міжнародна співпраця у збереженні лісів	Участь України в міжнародних угодах, зокрема Конвенції про біологічне різноманіття (КБР, 1992) та Паризькій угоді (2015), сприяє координації зусиль із збереження лісових екосистем. Міжнародне співробітництво підтримує обмін досвідом, фінансування та впровадження найкращих практик сталого управління.
7. Екологічна освіта та просвіта	Інформаційні кампанії та освітні програми підвищують обізнаність населення про важливість збереження біорізноманіття лісових екосистем. Просвітницькі заходи сприяють формуванню екологічної свідомості та залученню громад до природоохоронної діяльності.

Джерело: складено авторами.

Екологія лісу закладається як операційне ядро менеджменту: проєкт передбачає створення багаторівневої системи моніторингу, що поєднує таксаційні обліки, дистанційне зондування, пастки-датчики для безперервного відстеження структури лісостанів, динаміки рідкісних та індикаторних видів, властивостей ґрунту (родючість, кислотність, ерозійна чутливість) і гідрології (нові джерела, якість поверхневих вод), причому ці дані інтегруються в єдину ГІС-платформу прийняття рішень із відкритим доступом для науковців і громад. Біорізноманіття використовується як ключовий показник результативності, для кожного лісового району встановлюються порогові значення видового багатства, індекси рівномірності та наявності «парасолькових» видів, і саме досягнення або перевищення цих порогів є умовою санкціонування рубок або розширення рекреації [5, 10].

Комплекс заходів, що ґрунтується на принципах екологічно орієнтованого лісівництва, має охоплювати широкий спектр дій залежно від типологічних характеристик територій: на вкритих лісовою рослинністю ділянках важливим є збереження й примноження параметрів наявних ценозів, запобігання послабленню гомеостатичних зв'язків через надмірні рубки догляду, використання комбінованих методів лісовідновлення для збереження мікроклімату, стимулювання природного поновлення через сприяння самосіву та охорону підросту [13].

На відкритих, раніше нелісових територіях, для формування нових лісових ценозів, необхідно здійснювати заходи щодо зменшення впливу несприятливих ґрунтових і кліматичних чинників, відновлення структури біотичного покриву та запобігання ураженню ґрунтів мікотрофними грибами, які здатні блокувати процеси природного відновлення, що потребує комплексного моніторингу стану ґрунтово-екологічних умов та впровадження адаптивних технологій природоохоронної діяльності. Для нових земель, де відбувається процес заліснення, важливо забезпечити інтеграцію компонентів лісових екосистем із застосуванням екологічно безпечних технологій, що дасть можливість у найкоротші терміни відтворювати ліси та формувати стійкі біоценози за моделлю, максимально наближеною до еволюційних процесів формування корінних деревостанів території [7], а також створити умови для збільшення біорізноманіття, посилення захисних функцій лісу.

Екотрансформація одновікових деревостанів у різновікові мішані ліси, як це показано на рис. 3, є одним із ключових елементів такої стратегії, оскільки вона дозволяє сформувати лісові екосистеми, які максимально наближаються до природних за видовим складом, внутрішньою структурою та функціональними характеристиками, вирізняються високою біологічною стійкістю до екстремальних чинників середовища, підтримують стабільний рівень біорізноманіття лісової флори й фауни [9].

За умов реальної реалізації пропозицій, найбільш пріоритетними вважаємо збереження корінних деревостанів і природних лісових екосистем, які формуються на основі поєднання двох визначальних чинників: урахування біологічних і ценотичних характеристик деревних порід та ретельного аналізу екологічних властивостей ділянок, що відображають їхню природну динаміку і потенціал розвитку (табл. 2) [20].

Сталий менеджмент природних ресурсів у сучасному вимірі постає не лише як сукупність управлінських рішень, а як фундаментальна концепція, спрямована на формування збалансованих взаємовідносин між економічною діяльністю людини та необхідністю збереження біорізноманіття лісових екосистем, адже саме інтеграція екологічних, соціальних і господарських інтересів дає змогу уникнути деградації природного середовища та забезпечити відтворення ключових природоохоронних функцій.

Практика показує, що ефективність такого підходу залежить від здатності держави та місцевих громад впроваджувати комплекс заходів, у яких пріоритетність збереження флори й фауни, раціональне використання природних ресурсів набуває не декларативного, а операційного значення, що відображається в конкретних механізмах управління, моніторингу та контролю. Засадничим аспектом стає створення і розширення заповідних територій, які становлять своєрідні осередки підтримання екологічної рівноваги, оскільки обмеження господарської діяльності на їхніх територіях дозволяє зберегти унікальні природні комплекси та забезпечити охорону рідкісних і зникаючих видів флори та фауни. Заповідні території відіграють подвійну роль:

1) по-перше, вони є живими лабораторіями з вивчення процесів природного відновлення та функціонування екосистем;

2) по-друге, слугують практичним інструментом реалізації екологічної політики, здатним забезпечити довгострокову стійкість природних угруповань.

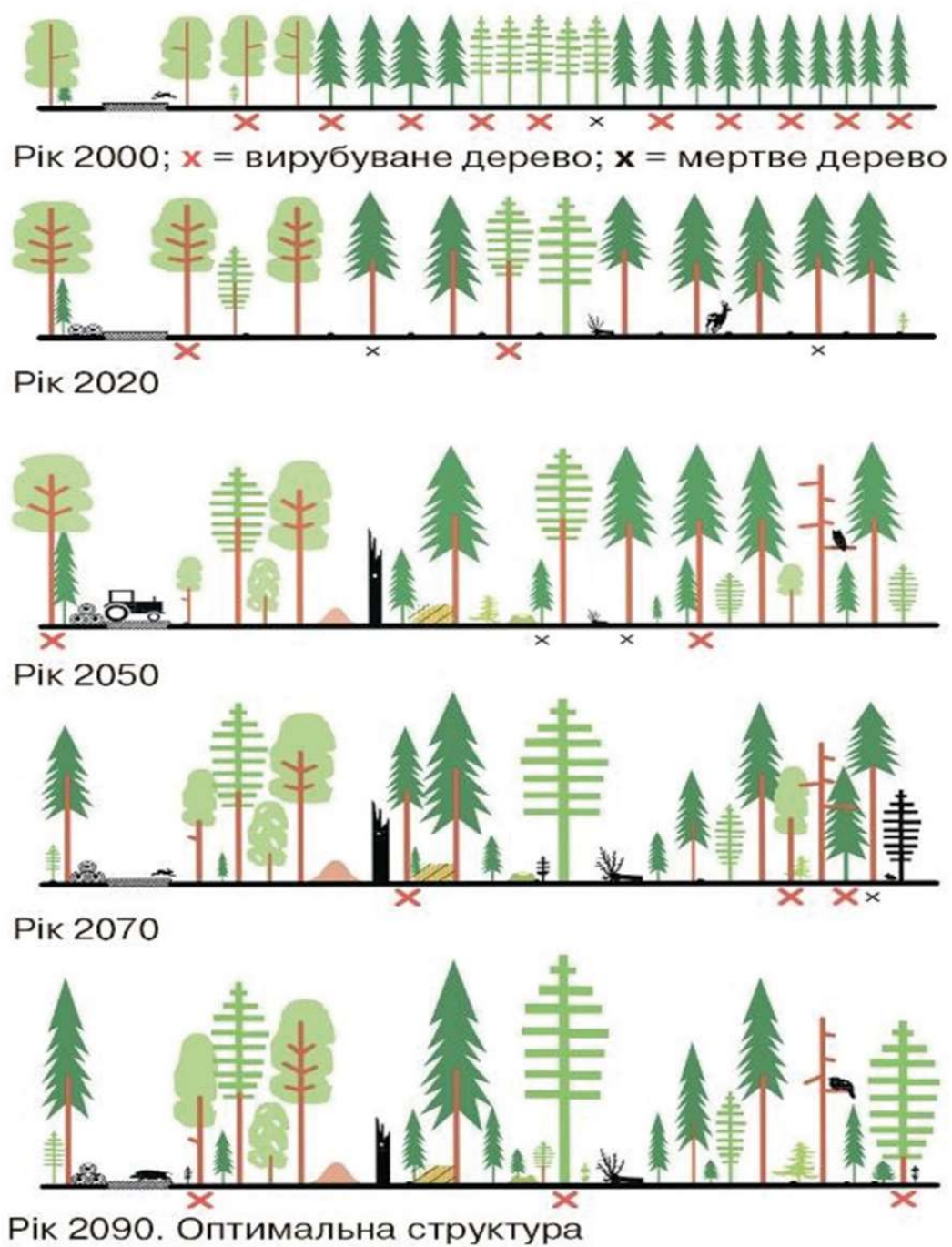


Рис. 3. Очікувана динаміка структурних змін лісових екосистем та формування оптимальної лісоструктури на теренах України (2000– 2090 рр.).

Джерело: побудовано авторами з використанням програмного забезпечення Adobe Firefly.

Таблиця 2 – Комплекс стратегічних підходів до збереження та відтворення біорізноманіття лісових екосистем України

Стратегічні цілі	Стратегічні завдання	Стратегічні інструменти
1. Збільшення площі та якості лісових екосистем	Підвищення еколого-ресурсного потенціалу лісів	Збереження самосійних лісів, їх переведення до лісового фонду, лісорозведення на деградованих землях, використання аборигенних видів деревних рослин, запобігання заліснення цінних степових ділянок
2. Підвищення біопродуктивності лісів	Формування природних лісових екосистем	Перетворення штучних насаджень у різновікові ліси, відмова від суцільних рубок, застосування вибіркового рубок, запобігання інтродукції інвазійних видів
3. Посилення поглинання вуглецю	Стимулювання функції абсорбції CO ₂	Створення енергетичних плантацій зі швидкорослих неінвазійних видів, підтримка функції накопичення вуглецю в лісових екосистемах
4. Адаптація до змін клімату	Формування кліматично стійких лісів	Використання місцевих деревних видів, створення багатовидових лісових насаджень, сприяння природному поновленню, збереження генетичного різноманіття
5. Захист лісів від пожеж	Розвиток системи протипожежної безпеки	Координація дій протипожежних служб, використання авіапатрулювання, модернізація протипожежної техніки, відновлення лісів після пожеж
6. Охорона пралісів та цінних лісових ділянок	Збереження генетичного та екологічного фонду	Забезпечення охорони пралісів у заповідних зонах, створення буферних зон, моніторинг стану особливо цінних для збереження лісових комплексів, їх сертифікація
7. Захист від шкідників та хвороб	Контроль біологічних загроз	Проведення обґрунтованих санітарних рубок, видалення уражених дерев, заборона рубок у заповідних зонах
8. Стимулювання лісорозведення	Управління лісосмугами для підтримки біорізноманіття	Інвентаризація лісосмуг, їх захист від скорочення, розробка планів утримання та відновлення
9. Контроль інвазійних видів	Запобігання поширенню інвазійних видів	Заборона використання інвазійних видів у лісгосподарській практиці, впровадження систематичного моніторингу їх поширення та регламентація під час створення лісових насаджень

Сталий менеджмент у цьому сенсі формує умови, за яких господарська діяльність у суміжних до заповідників зонах узгоджується з екологічними обмеженнями, створюючи буферні території, що мінімізують антропогенний тиск.

Висновки. У результаті проведеного дослідження виявлено тенденції розвитку лісового господарства України, досліджено структурні характеристики та ресурсний потенціал лісових екосистем, проаналізовано рівень їх стійкості до кліматичних і антропогенних змін, оцінено масштаби скорочення площі та біорізноманіття, що дозволило обґрунтувати необхідність переходу до сталого менеджменту природних ресурсів як основи для довгострокового збереження флори й фауни та підтримання екологічної рівноваги.

Оцінено ефективність різних стратегій сталого менеджменту природних ресурсів, обґрунтовано роль розширення мережі запо-

відних територій як ключового інструменту збереження рідкісних і зникаючих видів, оцінено можливості інтеграції інноваційних технологій моніторингу та екологічно орієнтованого лісівництва, розроблено концептуальну модель управління, що поєднує економічні, екологічні та соціальні інтереси у сфері лісокористування.

Віповідно до наукових результатів підтверджено, що сталий менеджмент природних ресурсів формує нову модель лісоуправління, у якій запропоновано механізми вибіркового рубок, залучення громад до прийняття рішень і створення ГІС-платформи для моніторингу, що забезпечує підвищення прозорості управлінських процесів, сприяє відновленню деградованих екосистем, а також оцінено перспективи гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами для зміцнення міжнародної співпраці у сфері збереження біорізноманіття.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Державне агентство лісових ресурсів України. Офіційний сайт. URL: <https://forest.gov.ua/>
2. Дзюбенко О.М. Інвестиційно-інноваційне забезпечення розвитку лісового сектору України: інституціональні засади та напрями диверсифікації: монографія. Житомир: Житомирська політехніка, 2019. 384 с.
3. Дяченко М.І., Жмуденко В.О. Управлінські виклики та стратегічні напрями реформування лісового сектору України в умовах війни. Економічний простір. 2025. № 202. С. 72–77. DOI: 10.30838/EP.202.72-77.
4. Економічна оцінка екосистемних послуг лісів України: наукове видання / В.П. Ткач та ін. Харків: УкрНДІЛГА, 2023. 28 с.
5. Природні оселища і охоронювані види флори та фауни у лісових екосистемах Полісся / О.П. Житова та ін. Scientific Discussion. 2025. № 101. С. 3–8.
6. Загвойська Л.Д., Міц Л.В. Розроблення рекомендацій щодо врахування послуг лісових екосистем у діяльності лісгосподарських підприємств України методом TOWS-аналізу. Економіка та суспільство. 2025. № 74. С. 142–151. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-74-75.
7. Іванова К.Ю. Міжнародна співпраця як основа збереження біорізноманіття, збалансованого природокористування і екологічного менеджменту: матеріали XVIII Міжнародного ботанічного конгресу (наукова доповідь). Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, 2022. С. 102–108.
8. Карпук А.І., Несторук Ю.Ю. Відтворення біорізноманіття лісів: еколого-економічні засади та механізми. Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. 2017. № 4. С. 444–452.
9. Калашніков А.О., Жежжун І.М., Торосов А.С. Втрати ресурсів деревини та біорізноманіття лісів України. Лісівництво і агролісомеліорація. 2024. Вип. 145. С. 143–154. DOI: 10.33220/1026-3365.145.2024.143.
10. Коровіна Н.В., Кіндій А.П. Лісові ресурси як частина економічного потенціалу країни. Проблеми системного підходу в економіці. 2024. № 2 (95). С. 29–36. DOI: 10.32782/2520-2200/2024-2-4.
11. Генетичні аспекти збереження лісових екосистем НПП «Подільські Товтри» у контексті сталого розвитку / О. Любинський та ін. Біологія та екологія. 2024. Т. 10. № 2. С. 74–81. DOI: 10.33989/2024.10.2.323732.
12. Никифорак В., Сеньовська Я., Човбан І. Використання інноваційних технологій у лісовому господарстві України. Логос. Мистецтво наукової думки. 2019. № 4. С. 22–25. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/193>
13. Ноландер К., Лундмарк Р. Огляд послуг лісових екосистем та особливості їх просторової цінності. Ліси. 2024. № 15. С. 919. DOI: 10.3390/f15060919
14. Петруха С.В., Петруха Н.М., Демидьонук І.А., Тарасенко М.І. Децентралізація та сталий роз-

виток сільських територій: довоєнне координування систем прийняття кластерних рішень. Інноваційно-інвестиційний механізм забезпечення конкуренто-спроможності країни. Львів-Торунь: Ліга-Прес, 2022. С. 22–56. DOI: 10.36059/978-966-397-255-8-2

15. Плотка Л.В., Ситник С.А. Моніторинг заготівлі вітчизняних лісових матеріалів в Україні в контексті сталого розвитку. Проблеми сучасних трансформацій. Право, публічне управління та адміністрування. 2025. № 16. С. 9–18. DOI: 10.54929/2786-5746-2025-16-02-09.

16. Реформа системи збереження біорізноманіття: Україна на шляху до ЄС. Аналітичний документ. Львів-Київ. 2025. URL: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2025/04/Reforma-systemy-zberezhennya-bioriznomanittya-Ukrayina-na-shlyahu-do-YES.pdf>

17. Сошенський О.М. Підходи наближеного до природи лісівництва в ЄС та перспективи впровадження таких підходів в Україні. VI Форум Української лісової платформи «Основи сталого використання лісових ресурсів: наближене до природи лісівництво та лісова біомаса». 2024. С. 2–44. DOI: 10.13140/RG.2.2.36818.36803.

18. Челепіс Т.О., Соловій І.П. Бізнес-моделі ведення лісового господарства на основі надання послуг екосистем: аналіз інноваційних підходів. Науковий вісник НЛТУ України. 2022. № 32(3). С. 43–48. DOI: 10.36930/40320307.

19. GIS for Land Administration – Esri. URL: www.esri.com/industries/cadastre/

20. The post-war potential and regulatory capacity of rural territorial communities in the clustering and integrating agri-food chains of local added value creation / S. Petrukha et al. Modern foundations of economics, management and tourism. Boston: International Science Group. Primedia eLaunch. 2022. P. 96–126. DOI: 10.46299/ISG.2022.MONO.ECON.4.3.1

REFERENCES

1. Derzhavne ahentstvo lisovykh resursiv Ukrainy [State Agency of Forest Resources of Ukraine]. Ofitsiyniy sait [Official website]. 2024. Available at: <https://forest.gov.ua/>
2. Dziubenko, O. M. (2019). Investytsiino-innovatsiine zabezpechennia rozvytku lisovoho sektoru Ukrainy: instytutsionalni zasady ta napriamy dyversyfikatsii [Investment and innovation support for the development of Ukraine's forest sector: Institutional principles and diversification directions]. Zhytomyr, Zhytomyr Polytechnic University, 384 p.
3. Diachenko, M.I., Zhmudenko, V.O. (2025). Upravlinski vyklyky ta stratehichni napriamy reformuvannya lisovoho sektoru Ukrainy v umovakh viiny [Management challenges and strategic directions for reforming Ukraine's forest sector during war]. Ekonomichniy prostir – [Economic Space]. no. 202, pp. 72–77. DOI: 10.30838/EP.202.72-77
4. Tkach, V.P., Vysotska, N.Yu., Torosov, A.S., Buksha, I.F. (2023). Ekonomichna otsinka ekosystemnykh posluh lisiv Ukrainy [Economic valuation of forest ecosystem services of Ukraine]. Kharkiv,

UkrNDILHA, 28 p.

5. Zhytova, O.P., Moroz, V.V., Sheliuk, Yu.S., Bahrii, R.A., Musiienko, V.A. (2025). Pryrodni ose-lyshcha i okhoroniuvani vydy flory ta fauny u lisovykh ekosystemakh Polissia [Natural habitats and protected species of flora and fauna in forest ecosystems of Polissia]. Scientific Discussion. no. 101, pp. 3–8.

6. Zahvoiska, L.D., Mits, L.V. (2025). Rozroblennia rekomendatsii shchodo vrakhuvannya posluh lisovykh ekosystem u diialnosti lisohospodarskykh pidpriemstv Ukrainy metodom TOWS-analizu [Developing recommendations for considering forest ecosystem services in the activities of Ukrainian forestry enterprises using the TOWS-analysis method]. Ekonomika ta suspilstvo [Economy and Society]. no. 74, pp. 142–151. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-74-75

7. Ivanova, K.Yu. (2022). Mizhnarodna spivpratsia yak osnova zberezhenntia bioriznomanittia, zbalansovanoho pryrodokorystuvannya i ekolohichnoho menedzhmentu: materialy XVIII Mizhnarodnogo botanichnogo kongresu (naukova dopovid') [International cooperation as a basis for biodiversity conservation, sustainable nature management and environmental management: Proceedings of the XVIII International Botanical Congress (scientific report)]. Kharkiv, V. N. Karazin Kharkiv National University, pp. 102–108.

8. Karpuk, A.I., Nestorak, Yu.Yu. (2017). Vidtvorennia bioriznomanittia lisiv: ekoloho-ekonomichni zasady ta mekhanizmy [Restoration of forest biodiversity: Ecological and economic principles and mechanisms]. Ekonomika pryrodokorystuvannya ta okhorony navkolyshnoho seredovyshcha [Economics of Environmental Management and Nature Protection]. no. 4, pp. 444–452.

9. Kalashnikov, A.O., Zhezhkun, I.M., Torosov, A.S. (2024). Vtraty resursiv derevyny ta bioriznomanittia lisiv Ukrainy [Losses of timber resources and forest biodiversity in Ukraine]. Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia [Forestry and Forest Melioration]. Issue 145, pp. 143–154. DOI: 10.33220/1026-3365.145.2024.143

10. Korovina, N.V., Kindii, A.P. (2024). Liso- vi resursy yak chastyna ekonomichnoho potentsialu krainy [Forest resources as part of the economic potential of the country]. Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi [Problems of Systemic Approach in Economics]. no. 2(95), pp. 29–36. DOI: 10.32782/2520-2200/2024-2-4

11. Liubynskyi, O., Liubinska, L., Puchka, O., Yakubash, R., Yatsimirska, N. (2024). Henetychni aspekty zberezhenntia lisovykh ekosystem NPP “Podilski Tovtry” u konteksti staloho rozvytku [Genetic aspects of forest ecosystem conservation in the National Nature Park “Podilski Tovtry” in the context of sustainable development]. Biologhiia ta ekolohiia [Biology and Ecology]. Vol. 10(2), pp. 74–81. DOI: 10.33989/2024.10.2.323732

12. Nykyforak, V., Senovska, Ya., Chovban, I. (2019). Vykorystannia innovatsiinykh tekhnolohii u lisovomu hospodarstvi Ukrainy [Use of innovative technologies in forestry of Ukraine]. Logos. Mystet-

stvo naukovi dumky [Logos. The Art of Scientific Thought]. no. 4, pp. 22–25. Available at: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/193>

13. Noland, K., Lundmark, R. (2024). Ohliad posluh lisovykh ekosystem ta osoblyvosti yikh prostorovoi tsinnosti [Review of forest ecosystem services and the specifics of their spatial value]. Lisy [Forests]. no. 15, 919 p. DOI: 10.3390/f15060919

14. Petrukha, S.V., Petrukha, N.M., Demydionok, I.A., Tarasenko, M.I. (2022). Detsentralizatsiia ta stalyy rozvytok silskykh terytorii: dovoienne koordynuvannya system pryiniattia klasternykh rishen [Decentralization and sustainable development of rural areas: Pre-war coordination of cluster decision-making systems]. Innovatsiino-investytsiinyi mekhanizm zabezpechennia konkurentospromozhnosti krainy [Innovation and investment mechanism for ensuring the competitiveness of the country]. Lviv–Torun, Liha-Pres, pp. 22–56. DOI: 10.36059/978-966-397-255-8-2

15. Plotka, L.V., Sytnyk, S.A. (2025). Monitorynh zahotivli vitchyzniannykh lisovykh materialiv v Ukraini v konteksti staloho rozvytku [Monitoring of domestic forest material harvesting in Ukraine in the context of sustainable development]. Problemy suchasnykh transformatsii. Pravo, publichne upravlinnia ta administruvannya [Problems of Modern Transformations. Law, Public Administration and Management]. no. 16, pp. 9–18. DOI: 10.54929/2786-5746-2025-16-02-09

16. Reforma systemy zberezhenntia bioriznomanittia: Ukraina na shliakhu do YES [Reform of the biodiversity conservation system: Ukraine on the way to the EU]. Analitichnyi dokument [Analytical paper]. Lviv–Kyiv, 2025. Available at: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2025/04/Reforma-systemy-zberezhenntia-bioriznomanittia-Ukraina-na-shliakhu-do-YES.pdf>

17. Soshenskyi, O.M. (2024). Pidkhody nablyzhenoho do pryrody lisivnytstva v YeS ta perspektyvy vprovadzhennia takykh pidkhodiv v Ukraini [Close-to-nature forestry approaches in the EU and prospects for implementing such approaches in Ukraine]. VI Forum Ukrai'ns'koi lisovoi platformy «Osnovy stalogo vykorystannia lisovykh resursiv: nablyzhene do pryrody lisivnytstva ta lisova biomasa» [Proceedings of the VI Forum of the Ukrainian Forest Platform “Fundamentals of sustainable forest resource use: Close-to-nature forestry and forest biomass”]. pp. 2–44. DOI: 10.13140/RG.2.2.36818.36803

18. Chelepis, T.O., Solovii, I.P. (2022). Biznes-modeli vedennia lisovoho hospodarstva na osnovi nadannia posluh ekosystem: analiz innovatsiinykh pidkhodiv [Business models of forestry based on the provision of ecosystem services: An analysis of innovative approaches]. Naukovi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. no. 32(3), pp. 43–48. DOI: 10.36930/40320307

19. GIS for Land Administration. 2025. Available at: <https://www.esri.com/industries/cadastre/>

20. Petrukha, S., Petrukha, N., Alekseienco, N., Mazur, A., Maltsev, M. (2022). The post-war potential and regulatory capacity of rural territorial communities in the clustering and integrating agri-food chains

of local added value creation. In *Modern foundations of economics, management and tourism*. Boston, International Science Group, Primedia eLaunch, pp. 96–126. DOI: 10.46299/ISG.2022.MONO.ECON.4.3.1

Sustainable natural resources management as the basis for biodiversity conservation in forest ecosystems

Levandovska S., Penkova S., Sytnyk O., Kimeichuk I.

The article comprehensively examines the current factors and conditions under which sustainable management of natural resources can use functional tools aimed at maintaining the biodiversity of Ukraine's forest ecosystems under prolonged climate change and anthropogenic pressure. The leading approaches to forest ecosystem management aimed at ensuring high environmental sustainability and socio-economic efficiency of resource provision have been studied and identified. The purpose of the research is to develop conceptual foundations of sustainable natural resource management for supporting the biodiversity of Ukraine's forest ecosystems and to propose strategies for their practical implementation. The study is based on statistical data from the State Forest Resources Agency of Ukraine, digital

satellite images, and GIS technologies for mapping of forested areas within Cherkasy region. An integrated management model has been developed that combines biodiversity monitoring, sustainable forestry, and community involvement, along with strategies development for biodiversity enhancement, including the expansion of protected areas, adaptation to climate change, and certification of forest stands across Ukraine. It was proposed to create an open-access GIS platform for decision-making that takes into account species richness thresholds and uniformity indices. A sustainable management model for fact-checking forest resources has been developed, promoting the introduction of selective logging practices, the expansion of protected areas, and the autonomy of local communities in forest management. A set of strategic approaches to the conservation and restoration of biodiversity in Ukraine's forest ecosystems has been proposed. The testing of forest management models with local communities to strengthen the legitimacy of environmental decisions and develop ecotourism within forest areas has been further developed.

Key words: natural resources, forest ecosystems, biodiversity, flora, forest fauna, protected areas, forest ecology, sustainable nature management.



Copyright: Левандовська С.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Левандовська С.М.

<https://orcid.org/0000-0002-8485-6134>

Пенькова С.М.

<https://orcid.org/0000-0001-6256-3122>

Ситник О.С.

<https://orcid.org/0009-0002-2637-1849>

Кімейчук І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-9100-1206>

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630:504.062(477)

**Лісорозведення на деградованих землях:
екологічні та економічні аспекти**

Лозінська Т.П.¹ , Задорожний А.І.² , Березенко К.С.³ ,
Карпук Л.М.¹ , Кулик Р.М.¹ 

¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет"³ Державний заклад "Луганський національний університет імені Тараса Шевченка"

Лозінська Т.П., Задорожний А.І., Березенко К.С., Карпук Л.М., Кулик Р.М. Лісорозведення на деградованих землях: екологічні та економічні аспекти. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 339–349.

Lozinska T., Zadorozhnyy A., Berezenko K., Karpuk L., Kulyk R. Afforestation on degraded lands: ecological and economic aspects. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 339–349.

Рукопис отримано: 01.10.2025 р.

Прийнято: 16.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-339-349

Стаття присвячена комплексному аналізу екологічних та економічних аспектів лісорозведення на деградованих землях України. Методологія дослідження базується на аналізі статистичних даних Державного агентства лісових ресурсів України, включаючи показники лісистості, регіонального розподілу лісового покриву та забезпеченості лісовими ресурсами на душу населення, з використанням графічних інструментів для візуалізації динаміки структурних змін екосистем. Застосовувалася технологічна оцінка деградованих земель з виділенням трьох категорій лісокультурних площ на основі ґрунтових характеристик, а також моделювання очікуваної динаміки лісоструктури за допомогою програмного забезпечення MidJourney. Отримані наукові результати свідчать про значний потенціал України у відновленні порушених екосистем, де площа державного лісового фонду сягає 10,4 млн га, з яких 9,6 млн га вкриті деревно-чагарниковим покривом, що створює основу для розширення програм лісорозведення на деградованих землях. Запропоновано три категорії лісокультурних площ для адаптованої обробки ґрунту та посадки, включаючи фрезерування, плужні борозни та механізовані методи, з акцентом на біомеліоративні заходи, такі як посів сидератів (люпин, гірчиця, ріпак) для збагачення ґрунтів органічними речовинами. Практична цінність дослідження полягає в розробці інтегрованих стратегій, таких як економічна конверсія орних земель у ліси, агролісівництво та створення захисних лісосмуг, що дозволяють зменшити ерозію, оптимізувати витрати на догляд. Запропоновані організаційні заходи, включаючи моніторинг за допомогою супутникових технологій та фінансові механізми («зелені» інвестиції, податкові стимули), сприяють реалізації масштабних проєктів лісорозведення та стимулюванню розвитку «зеленої економіки» в регіонах України. Запропоновано комплексну модель менеджменту, що поєднує біомеліоративні заходи з інноваційними технологіями моніторингу, забезпечуючи стаке лісорозведення на піщаних, кислих та еродованих ґрунтах з урахуванням кліматичних ризиків.

Ключові слова: лісорозведення, деградовані землі, екологічне відновлення, економічна вигода, змішані культури, стаке лісівництво, селекційні методи, інтродукція.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Для України останніми роками лісорозведення на деградованих землях визначається як засадничий напрям майбутньої екологічної політики та економічного розвитку, адже воно не лише сприятиме відновленню природних ресурсів, а також формує підґрунтя для довгострокової стратегії сталого господарювання. У межах цього процесу важливим стає питання заліснення ділянок, які втратили продуктивність або є малопридатними для ведення сільськогосподарської діяльності, зокрема ярів, балок, крутих схилів, кам'янистих розсипів, піщаних територій та рекультивованих земель, що має допомогти не лише відновити екологічну рівновагу, а також забезпечити ефективні практики використання ресурсів держави.

У науковому доробку проблематика лісового сектору та впровадження програм лісорозведення в межах деградованих земель розглядається крізь призму міждисциплінарного підходу, що охоплює управлінські, екологічні та соціально-економічні виміри цієї тематики. Зокрема, М.І. Дяченко та В.О. Жмуденко провели ґрунтовний аналіз управлінських викликів та стратегічних пріоритетів трансформації національного лісового сектору в умовах воєнного стану, обґрунтувавши критичну необхідність впровадження адаптивних механізмів прийняття рішень та систематичного зміцнення інституційної спроможності галузевих організацій [1]. Тимчасом Т.П. Лозінська і В.М. Яценко дослідили потенціал інтродукційних технологій як дієвого інструменту підвищення показників лісистості національної території, оптимізації видового різноманіття лісових насаджень та збереження біологічного різноманіття [2]. Вчені К. Ноландер та Р. Лундмарк систематизували спектр екосистемних послуг лісових біогеоценозів, підкресливши їх просторово-диференційовану суспільну цінність [3]. С. Распопіна та ін. здійснили комплексний аналіз сучасної практики лісорозведення в Україні, ідентифікувавши ключові проблеми та необхідність інноваційних рішень [4]. Також Л.Д. Загвойська та Л.В. Міц розробили методологічні рекомендації щодо інтеграції екосистемних послуг у стратегії розвитку лісового господарства України [7]. Саме ці основи формують подальші розвідки стосовно реновацій деградованих земель та швидкого впровадження програм і проєктів озеленення цих територій.

Мета статті – обґрунтувати екологічні та економічні передумови й перспективи від-

новлення лісових масивів на деградованих землях України.

Матеріал і методи дослідження. Методична основа дослідження ґрунтується на комплексному аналізі офіційних статистичних матеріалів, наданих Державним агентством лісових ресурсів України щодо регіональних особливостей розподілу лісових масивів у різних адміністративно-територіальних одиницях України. Аналітична частина дослідження спирається на систематичне опрацювання картографічних матеріалів з метою детального вивчення та класифікації різних типів деградованих земель, придатних для лісорозведення. Науково-методичний підхід до типологізації потенційних лісокультурних площ передбачає застосування багатокритеріального методу класифікації для виділення основних категорій ділянок згідно з їх ґрунтово-екологічними характеристиками. Прогностична компонента дослідження реалізована через впровадження моделювання довгострокової динаміки розвитку лісових екосистем на відновлених деградованих землях із часовим горизонтом. Використано програмне забезпечення MidJourney для візуалізації та кількісної оцінки очікуваних структурних трансформацій.

Результати дослідження та обговорення. Статистичні дані, оприлюднені Державним агентством лісових ресурсів України на початок 2024 року, засвідчують, що загальна площа земель, які перебувають у складі державного лісового фонду, досягає 10,4 млн га, з яких приблизно 9,6 млн га характеризуються наявністю деревно-чагарникового покриву, що створює сприятливі передумови для розширення програм лісовідновлення на прилеглих деградованих територіях через використання наявного насінневого матеріалу, досвіду лісгосподарських підприємств та існуючої інфраструктури для ефективної реабілітації порушених земель (рис. 1) [8].

Аналіз показників лісистості національної території, які на сьогодні не перевищують 16 % від загальної площі країни, вказує на наявність значного резерву земель, придатних для лісорозведення, особливо з урахуванням того факту, що Україна займає відносно низьку 34-ту позицію серед європейських держав за коефіцієнтом лісистості, незважаючи на абсолютно високі показники загальної площі лісових угідь, що свідчить про можливість суттєвого розширення лісового покриву через залучення деградованих сільськогосподарських земель, покинутих промислових територій та інших поруше-

них ландшафтів до програм комплексного лісовідновлення [9]. Критичною є ситуація із забезпеченістю лісовими ресурсами в розрахунку на одного мешканця держави, оскільки цей показник становить лише 0,23 га/людина, що майже в 14 разів поступається середньоєвропейським стандартам та актуалізує необхідність реалізації масштабних проєктів лісорозведення на деградованих

землях як інструменту не лише екологічної реабілітації порушених територій.

На підставі лісівничої (рис. 1) і технологічної оцінки деградованих та інших видів земель, виведених із сільськогосподарського обороту, з урахуванням технологічних можливостей для обробітку ґрунту та створення лісових культур, нами запропоновано виділяти три категорії лісокультурних площ:

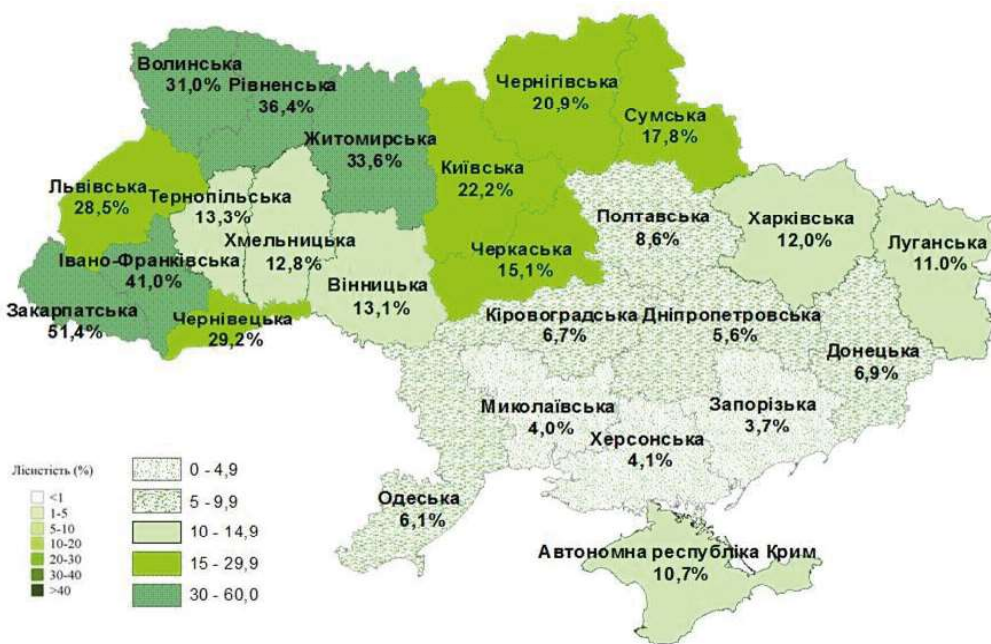


Рис. 1. Регіональний розподіл лісового покриття України як основа для планування лісорозведення, % (результат на початок 2022 року).

Джерело: [8].



Рис. 2. Діаграма відсоткового співвідношення різновікових лісів України за підсумками 2023 року.

Джерело: складено авторами на основі [11].

I – деградовані землі (ріллі, залежні землі, піщані кар'єри, вироблені торфовища та ін.) з відсутністю гумусового горизонту або його потужністю до 5 см, зі слабким розвитком трав'яного покриву, для яких можлива обробка ґрунту фрезеруванням з ручною посадкою лісових культур, або посадка лісових культур механізованим способом без підготовки ґрунту;

II – залежні землі, пасовища, сіножаті з потужністю дернини 15 см та гумусовим горизонтом до 30 см, на яких можлива обробка ґрунту фрезеруванням або плужними борознами глибиною 10–15 см з посадкою лісових культур ручним або механізованим способом;

III – закустарені площі (зарослі чагарниками до 30 %), завалунені землі з кількістю каменів у шарі ґрунту 25 см понад 1 м³/га, залежні землі, сіножаті, пасовища з потужністю дернини понад 15 см та гумусовим горизонтом понад 30 см, на яких можлива обробка ґрунту борознами глибиною 15–20 см з посадкою лісових культур ручним чи механізованим способом [10, с. 12].

У структурі пропозицій центральне місце займають заповідні території, що в українських умовах виконують не лише охоронну функцію, а також слугують полігоном для апробації нових протоколів природоорієнтованого лісівництва, контролю за відновленням природної структури лісостанів та формування екологічних коридорів між ділянками з високою природоохоронною цінністю (табл. 1) [12].

Одним з компонентів лісорозведення на деградованих землях має стати освоєння піщаних ділянок, де для закріплення рухомих пісків доцільно спочатку висаджувати багаторядні смуги швидкорослих порід, наприклад верби, а вже після їх укорінення формувати культури сосни звичайної, що забезпечує поєднання ґрунтозахисного ефекту з економічно перспективним вирощуванням хвойних насаджень [13, с. 6].

На ділянках, що втратили родючість унаслідок виснажливого землекористування, слід забезпечити висів змішаних культур, у складі яких сосна поєднується з листяними породами, такими як береза, акація жовта чи горобина звичайна, що дозволяє не лише стабілізувати ґрунтовий покрив, а також підвищити біологічну різноманітність і в перспективі сформувати насадження з високою господарською цінністю (рис. 3).

Звертаємось і до засад використання біомеліоративних заходів на піщаних і бідних

грунтах, зокрема посіву сидератів за один-два роки до заліснення, що дає змогу збагатити ґрунт органічними речовинами, відновити мікробіологічну активність і створити більш сприятливі умови для росту деревних рослин. Сидерати, зокрема: люпин, гірчиця, ріпак, еспарцет чи фацелія здатні сприяти накопиченню азоту та покращенню структури ґрунту, а закладання зеленої маси у ґрунт за допомогою фрез або борін формують основу для подальшого росту продуктивних насаджень, що поєднує екологічний ефект зі зменшенням витрат на мінеральні добрива [15].

Новою детермінантою сучасного лісорозведення на деградованих землях є застосування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою, що забезпечить підвищення якості приживлювання культур у складних умовах, де відсутній або надто тонкий гумусовий горизонт. Використання контейнеризованих сіянців сосни звичайної та інших деревних порід забезпечує більш глибоке проникнення кореневих систем, що в перспективі підвищує стійкість насаджень до посухи та інших несприятливих кліматичних чинників, водночас знижуючи ризики загибелі молодих культур і забезпечуючи високий рівень збереження біомаси. Слід акцентуватися також на використанні технологій механізованої обробки ґрунту, які дозволяють оптимізувати витрати праці й коштів. Для обробки деградованих земель застосовують ґрунтові фрези, плуги чи бензобури, що дає змогу адаптувати технологічний процес до конкретних умов ділянки, уникаючи зайвих витрат часу та ресурсів [16].

Формування нових лісових екосистем на відкритих територіях, які історично не були вкриті лісом або втратили свої природні ліси внаслідок господарського використання, є складним і багатогранним процесом, що потребує поєднання екологічних знань, технологічних інновацій та економічних механізмів стимулювання, адже лише за умов комплексного підходу можливо забезпечити ефективне відновлення біотичного покриву та стабілізацію деградованих екосистем [17]. Для цього першочергово необхідно реалізовувати заходи, спрямовані на нейтралізацію негативного впливу несприятливих ґрунтових і кліматичних чинників, зокрема високої кислотності ґрунтів, низької забезпеченості поживними речовинами, підвищеної ерозійної небезпеки, посушливості та температурних коливань, які суттєво обмежують природні механізми самовідновлення лісових масивів.

Таблиця 1 – Інтегровані стратегії лісорозведення на деградованих землях території України

№	Назва стратегії	Сутність та практичні засади реалізації	Регіони впровадження
1	Економічна конверсія орних земель у ліси	Переведення малопродуктивних та деградованих орних ділянок у лісові масиви забезпечує зниження викидів вуглецю, формування нових економічно цінних насаджень (енергетичні плантації, цінні породи деревини), а також створює додаткові робочі місця у сфері лісового господарства	Полтавська, Кіровоградська, Вінницька області – зони з надлишковим землеробським навантаженням і низьким рівнем природної лісистості
2	Агролісівництво та інтегроване землекористування	Поєднання лісових культур із сільськогосподарськими культурами дозволяє підвищити продуктивність земель, зменшити ерозійні процеси та забезпечити стабільні доходи місцевим громадам завдяки багатофункціональному використанню територій	Черкаська, Хмельницька, Львівська області – території із традиційним агровиробництвом і потенціалом для створення агролісових систем
3	Відновлення ґрунтової родючості через лісорозведення	Створення лісових насаджень на еродованих, кислих та кам'янистих ґрунтах сприяє їх рекультивації, відновленню гумусного шару та зниженню ризиків деградації, що формує передумови для подальшого економічно ефективного використання земель	Житомирська, Рівненська, Волинська області – Полісся, де високий рівень кислих і піщаних ґрунтів потребує біомеліорації
4	Захисні та протиерозійні лісосмуги	Насадження вздовж балок, ярів і схилів виконують функцію запобігання ерозії, підвищують вологозабезпечення територій і скорочують збитки від втрати родючих ґрунтів, що має як екологічну, так і економічну вигоду	Одеська, Миколаївська, Херсонська, Дніпропетровська області – степові регіони з підвищеною ерозійною небезпекою
5	Інноваційні технології моніторингу та управління	Використання супутникового моніторингу, дронів та геоінформаційних систем забезпечує постійний контроль стану насаджень, оптимізацію витрат на догляд за лісами та підвищення ефективності інвестицій у проекти лісорозведення	Усі області України, особливо Житомирська, Київська та Чернігівська, де функціонують пілотні ГІС-системи моніторингу
6	Фінансові механізми підтримки та “зелені” інвестиції	Запровадження податкових стимулів, “зелених” облігацій та участь у міжнародних кліматичних програмах (наприклад, вуглецевих ринках) відкриває нові джерела фінансування для масштабних програм заліснення деградованих земель	Львівська, Івано-Франківська, Київська області – регіони з активною участю у міжнародних проєктах (EU Green Deal, LIFE)
7	Екологічна та економічна освіта місцевих громад	Поширення знань про переваги лісорозведення на деградованих землях формує у населення розуміння подвійного ефекту – екологічного відновлення та економічної вигоди, стимулюючи активну участь громад у реалізації лісових проєктів	Закарпатська, Чернівецька, Тернопільська області – регіони з високим рівнем громадської активності у природоохоронній сфері

Джерело: сформовано авторами.

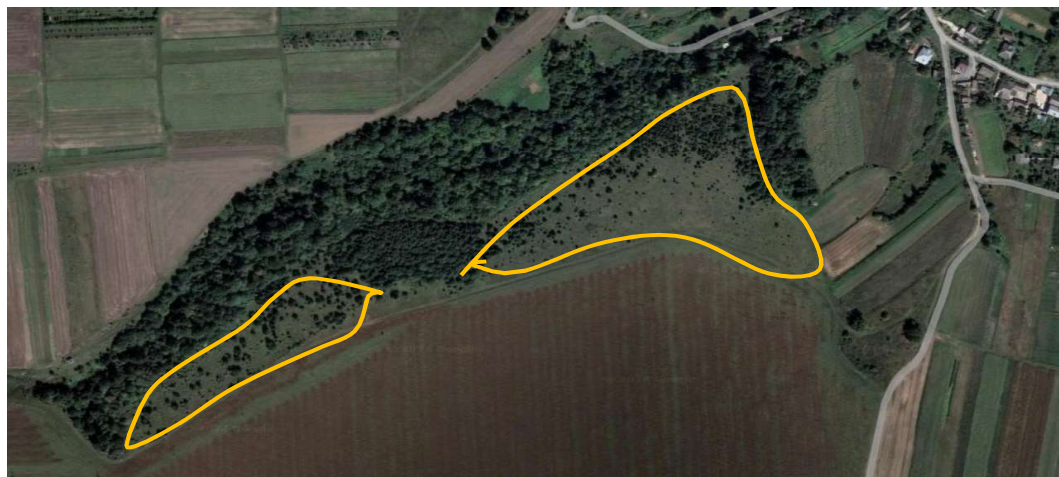


Рис. 3. Забезпечення контролю і моніторингу поширення лісового масиву (приклад Коростенський район Житомирської області, вересень 2024 року).

Джерело: [14].

Створення нових лісових угруповань на деградованих землях передбачає обов'язкову інтеграцію основних компонентів лісових екосистем, зокрема деревних, чагарникових і трав'яних порід, із застосуванням екологічно безпечних технологій, які відповідають сучасним вимогам ресурсозбереження і відновлюваності. Ці активності допоможуть, у максимально короткі строки, створити стійкі лісові ценози, які наблизатимуться за структурою й функціональністю до корінних лісостанів та виконуватимуть ті ж екологічні функції – збереження ґрунтів від ерозії, накопичення органічної речовини, поглинання вуглецю, регуляцію водного балансу території [18].

До впровадження має бути залучена еко-трансформація одновікових деревостанів у різновікові змішані ліси, яка ґрунтується на принципах природоорієнтованого лісівництва і формує екосистеми, що максимально наблизені до природних за видовим складом, структурою та функціональними характеристиками. Різновікові та різнопородні ліси, зазвичай, мають вищий рівень біологічної стійкості до екстремальних чинників середовища, краще протистояють кліматичним стресам (рис. 4) [19].

Очікувана динаміка структурних змін лісових екосистем України впродовж ХХІ століття, що передбачає поступове переорієнтування від одновікових монокультур до різновікових і багатопородних насаджень, є одним із базифікованих стратегічних завдань екологічної політики [21].

Саме завдяки використанню інструментів прогностичного моделювання визначаються оптимальні сценарії розвитку лісових масивів у довгостроковій перспективі, що враховують як природну динаміку, так і економічні чинники попиту на деревину та інші продукти лісу (табл. 2).

У практичному вимірі одним із найважливіших завдань під час заліснення деградованих земель є вибір оптимальних деревних порід і комбінацій, які враховують екологічні особливості ділянок, рівень їхньої деградації та природний потенціал. Використання біологічних і ценотичних характеристик порід, наприклад, поєднання сосни звичайної з березою, дубом чи акацією жовтою, дозволяє створювати більш стійкі угруповання, які з часом формують стабільні природоорієнтовані ценози. Це дає змогу досягати подвійного результату – забезпечувати екологічне відновлення земель і водночас створювати економічно доцільні лісові масиви, здатні забезпечити деревиною деревообробну галузь і недеревними продуктами місцеве населення. З економічного погляду, лісорозведення на деградованих землях відкриває перспективи для розвитку «зеленої економіки», де створення лісів розглядається не лише як природоохоронний захід, а також як інвестиція у майбутнє, що формує нові робочі місця, створює попит на технології, обладнання та посадковий матеріал, а також сприяє розвитку місцевого бізнесу, орієнтованого на лісові ресурси.

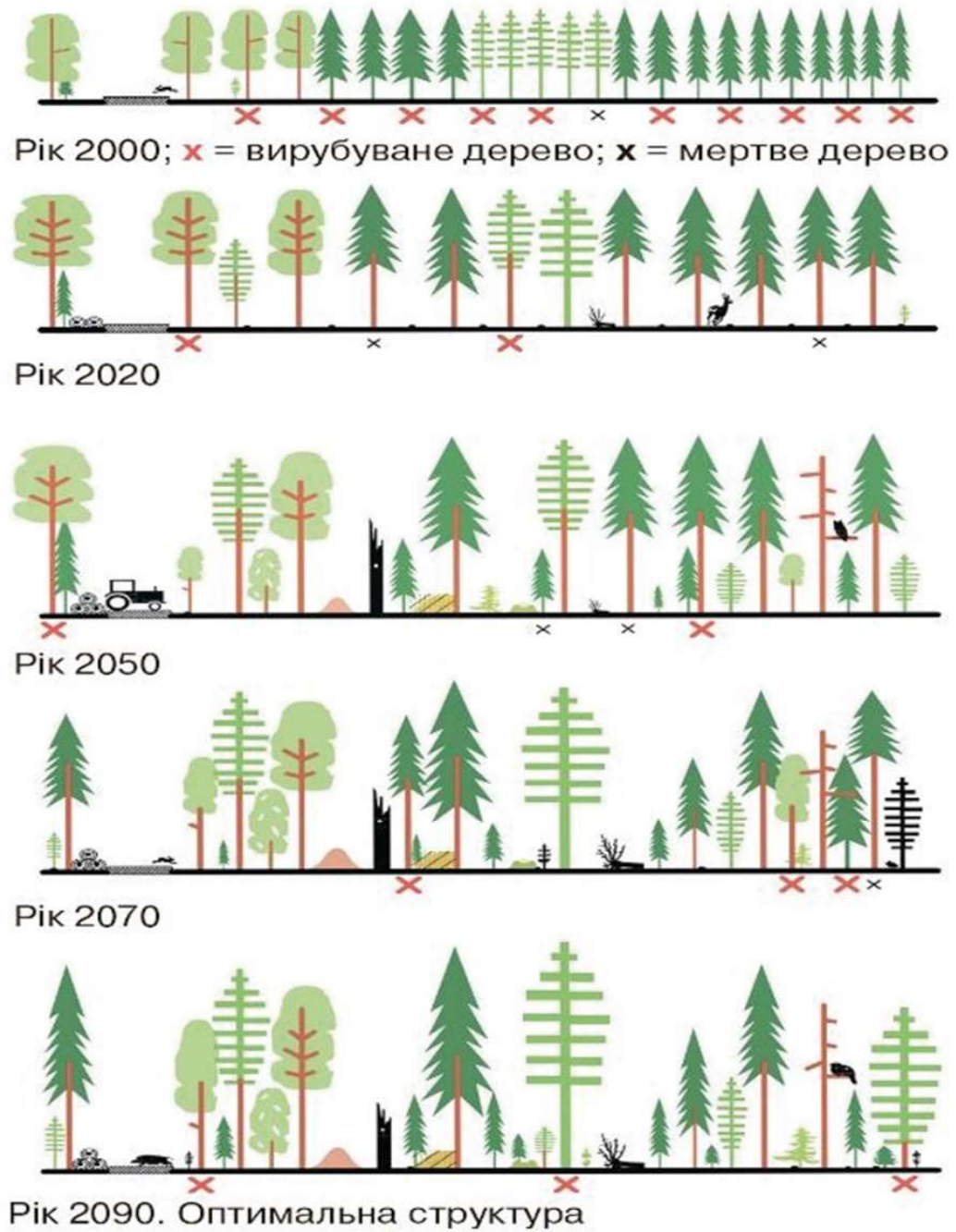


Рис. 4. Очікувана динаміка структурних змін лісових екосистем та формування оптимальної лісоструктури на теренах України (2000–2090 рр.).

Джерело: [20].

Таблиця 2 – Практичні заходи щодо лісорозведення на деградованих землях України

№	Запланований захід	Сутність за реалізації	Очікувані результати	Термін виконання (роки)	Відповідальні
1	Закріплення піщаних ґрунтів	Висаджування багаторядних смуг швидкорослих порід (верба, тополя) з подальшим формуванням культур сосни звичайної	Зменшення ерозії, стабілізація піщаних ділянок, створення економічно цінних хвойних насаджень	2025–2030	Державне агентство лісових ресурсів, місцеві громади
2	Відновлення родючості ґрунтів	Посів сидератів (люпин, гірчиця, ріпак, еспарцет, фацелія) за 1–2 роки до заліснення з подальшим закладанням зеленої маси у ґрунт	Збагачення ґрунту органічними речовинами, покращення структури ґрунту, підвищення мікробіологічної активності	2025–2028	Науково-дослідні інститути, фермерські господарства
3	Застосування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою	Використання контейнеризованих сіянців сосни звичайної, берези, акації для підвищення приживлюваності	Підвищення стійкості насаджень до посухи, зменшення витрат на повторні посадки	2025–2032	Лісові господарства, приватні розсадники
4	Механізована обробка ґрунту	Застосування ґрунтових фрез, плугів, бензобурів для підготовки деградованих ділянок до заліснення	Оптимізація витрат праці та ресурсів, адаптація до умов ділянки	2025–2035	Лісові господарства, підрядні організації
5	Формування різновікових змішаних лісів	Створення змішаних культур (сосна, береза, акація, горобина) з поступовим переходом до різновікових лісів	Підвищення біологічної стійкості, збереження біорізноманіття, створення продуктивних лісів	2025–2040	Державне агентство лісових ресурсів, екологічні організації
6	Моніторинг та контроль	Впровадження систем моніторингу лісових масивів	Контроль поширення лісових масивів, запобігання ураженню ґрунтів шкідливими мікроорганізмами	2025–2030	Науково-дослідні інститути, місцеві адміністрації

Джерело: сформовано авторами.

Висновки. Проведене наукове дослідження демонструє, що впровадження програм лісовідновлення на територіях із порушеними екосистемами представляє собою процес реалізації національної екологічної стратегії, оскільки ці ініціативи ефективно припиняють деградаційні процеси у ґрунтовому покриві, суттєво знижують інтенсивність водної та вітрової ерозії, а також забезпечують поступове збагачення верхніх

шарів ґрунту органічними сполуками, що в сукупності створює необхідні передумови для довгострокового відновлення природних екосистемних сервісів на рекультивованих територіях.

Було доведено пряму залежність між успішністю реалізації проєктів лісовідновлення на деградованих територіях та рівнем комплексності використаних науково-технічних рішень. Найважливішу роль у цьо-

му процесі відіграють біомеліоративні технології покращення ґрунтів, використання азотфіксуючих сидератів для збагачення поживними речовинами та застосування висококondиційного садивного матеріалу з розвиненою закритою кореневою системою для підвищення приживлюваності молодих насаджень. Не менш значущим інструментом стає систематичне використання сучасних супутникових технологій дистанційного зондування, які забезпечують безперервний моніторинг відновлення та розвитку лісових масивів.

Рекомендації можуть бути сформовані на засадах системного підходу, який поєднує екологічні, технологічні та економічні інструменти. Для лісгоспів доцільним є впровадження контейнеризованого посадкового матеріалу, використання механізованих засобів обробітку ґрунту, ГІС-моніторингу та прогнозного моделювання динаміки насаджень. Фермерам рекомендовано створювати агролісові системи та застосовувати сидерати для відновлення родючості, що знижує витрати на добрива і стабілізує мікроклімат ділянок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дяченко М.І., Жмуденко В.О. Управлінські виклики та стратегічні напрями реформування лісового сектору України в умовах війни. Економічний простір. 2025. № 202. С. 72–77. DOI: 10.30838/EP.202.72-77.
2. Лозінська Т.П., Яценко В.М. Інтродукція як засіб підвищення лісистості та метод покращення видового складу лісових насаджень і збільшення біорізноманіття. Вивчення і збереження біорізноманіття біоценозів України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених. Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 26–28.
3. Ноландер К., Лундмарк Р. Огляд послуг лісових екосистем та особливості їх просторової цінності. Ліси. 2024. № 15. 919 с. DOI: 10.3390/f15060919
4. Raspopina S.P., Vedmid M.M., Bila Yu.M., Goroshko V.V. State and main problems of afforestation in Ukraine. «Ukrainian Journal of Forest and Wood Science». 2019. Vol. 10. No. 4. Р. 64–72. DOI: 10.31548/forest2019.04.064
5. Хрик В.М. Підготовка майбутніх фахівців лісового господарства до професійної діяльності: теорія, методика, практика. Біла Церква: Середняк Т.К., 2022. 386 с.
6. Николок А., Семенченко Н. Лісове господарство. Vseslova. 2024. URL: http://vseslova.com.ua/word/%D0%9B%D0%B5%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%85%D0%BE%D0%B7%D1%8F%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-57210u
7. Загвойська Л.Д., Міц Л.В. Розроблення рекомендацій щодо врахування послуг лісових екосистем у діяльності лісгосподарських підприємств України методом TOWS-аналізу. Економіка та суспільство. 2025. № 74. С. 142–151. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-74-75.
8. Державне агентство лісових ресурсів України. Офіційний сайт. URL: <https://forest.gov.ua/>
9. Реформа системи збереження біорізноманіття: Україна на шляху до ЄС». Аналітичний документ. Львів-Київ. 2025. URL: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2025/04/Reforma-systemy-zberezhennya-bioriznomanittya-Ukrayina-nashlyahu-do-YES.pdf>
10. Плотка Л.В., Ситник С.А. Моніторинг заготівлі вітчизняних лісових матеріалів в Україні в контексті сталого розвитку. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: право, публічне управління та адміністрування. 2025. № 16. С. 9–18. DOI: 10.54929/2786-5746-2025-16-02-09.
11. Економічна оцінка екосистемних послуг лісів України: наукове видання / В.П. Ткач та ін. Харків: УкрНДІПА, 2023. 28 с.
12. Македон В.В. Дослідження процесів забезпечення соціальної відповідальності у провідних моделях корпоративного управління. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Економічні науки. 2012. Вип. 126. С. 198–206.
13. Природні оселища і охоронювані види флори та фауни у лісових екосистемах Полісся / О.П. Житова та ін. Scientific Discussion. 2025. № 101. С. 3–8.
14. GIS for Land Administration – Esri. URL: www.esri.com/industries/cadastre/
15. Механізація і транспортування лісу: інноваційні підходи у лісоексплуатації та лісгосподарських роботах / О.С. Ситник та ін. Агробіологія. 2024. № 1. С. 153–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-153-159
16. Improving Strategic Planning and Ensuring the Development of Enterprises Based on Relational Strategies / V. Makedon et al. Theoretical And Practical Research In Economic Fields. 2024. No 15(4). Р. 798–811. DOI: 10.14505/tpref.v15.4(32).02
17. Кузик А.Д., Товарянський В.І. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. Вісник ЛДУБЖД. 2023. № 27. С. 16–22. DOI: 10.32447/20784643.27.2023.02
18. Никифорак В.А., Сеньовська Я.В., Човбан І.В. Використання інноваційних технологій у лісовому господарстві України. «ЛОГОС. Мистецтво наукової думки». 2019. № 4. С. 22–25. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/193/176>
19. Власюк В.П. Проблеми та перспективи розвитку механізації лісгосподарських робіт в Україні. Поліський національний університет. 2021. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/logos/article/view/8464/8431>
20. ФОРЗА. Наближене до природи лісівництво в Українських Карпатах. URL: <https://>

forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-lisivnictvo-v-ukrayinskih-karpatah

21. Челепіс Т.О., Соловій І.П. Бізнес-моделі ведення лісового господарства на основі надання послуг екосистем: аналіз інноваційних підходів. Науковий вісник НЛТУ України. 2022. № 32(3). С. 43–48. DOI: 10.36930/40320307.

REFERENCES

1. Diachenko, M.I., Zhmudenko, V.O. (2025). Upravlinnski vyklyky ta stratehichni napriamy reformuvannya lisovoho sektoru Ukrainy v umovakh viiny [Managerial challenges and strategic directions of forestry sector reform in Ukraine under wartime conditions]. *Ekonomichnyi prostir* [Economic Space]. no. 202, pp. 72–77. DOI: 10.30838/EP.202.72-77
2. Lozinska, T.P., Yatsenko, V.M. (2021). Introduktsiia yak zasib pidvyshchennia lisystosti ta metod pokrashchennia vydovoho skladu lisovykh nasadzen i zbilshennia bioriznomanittia [Introduction as a means of increasing forest cover and improving species composition of forest plantations and biodiversity]. *Vyvchennia i zberezhennia bioriznomanittia biotsenoziv Ukrainy: materialy Vseukrai'ns'koi naukovo-praktychnoi konferencii' zdobuvachiv vyshhoi osvity i molodyh vchenykh* [Study and preservation of biodiversity of biocenoses of Ukraine: Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conference]. *Bila Tserkva, BNAU*, pp. 26–28.
3. Noland, K., Lundmark, R. (2024). Ohliad posluh lisovykh ekosystem ta osoblyvosti yikh prostorovoi tsinnosti [Review of forest ecosystem services and their spatial valuation features]. *Lisy* [Forests]. no. 15, 919 p. DOI: 10.3390/f15060919
4. Raspopina, S.P., Vedmid, M.M., Bila, Yu.M., Goroshko, V.V. (2019). State and main problems of afforestation in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. Vol. 10(4), pp. 64–72. DOI: 10.31548/forest2019.04.064
5. Khryk, V.M. (2022). Pidhotovka maibutnikh fakhivtsiv lisovoho hospodarstva do profesiinoi diialnosti: teoriia, metodyka, praktyka [Training of future forestry specialists for professional activity: theory, methodology, practice]. *Bila Tserkva, Seredniak T.K.*, 386 p.
6. Nykoliuk, A., Semenchenko, N. (2024). Lisove hospodarstvo [Forestry]. *Vseslova*. Available at: <http://vseslova.com.ua/word/%D0%9B%D0%B5%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B5%D1%85%D0%BE%D0%B7%D1%8F%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-57210u>
7. Zahvoiska, L.D., Mits, L.V. (2025). Rozroblennia rekomendatsii shchodo vrakhuvannya posluh lisovykh ekosystem u diialnosti lisohospodarskykh pidpriemstv Ukrainy metodom TOWS-analizu [Developing recommendations for considering forest ecosystem services in the activities of forestry enterprises of Ukraine using the TOWS analysis method]. *Ekonomika ta suspilstvo* [Economy and Society]. no. 74, pp. 142–151. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-74-75
8. Derzhavne ahentstvo lisovykh resursiv Ukrainy [State Forest Resources Agency of Ukraine]. Ofitsiyni sait [Official website]. 2025. Available at: <https://forest.gov.ua/>
9. Reforma systemy zberezhennia bioriznomanittia: Ukraina na shliakhu do Yes [Reform of the biodiversity conservation system: Ukraine on the way to the EU]. *Analitichnyi dokument* [Analytical document]. Lviv–Kyiv, 2025. Available at: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2025/04/Reforma-systemy-zberezhennia-bioriznomanittia-Ukraina-na-shlyahu-do-YES.pdf>
10. Plotka, L.V., Sytnyk, S.A. (2025). Monitorynh zahotivli vitchyznianskykh lisovykh materialiv v Ukraini v konteksti staloho rozvytku [Monitoring of domestic forest material harvesting in Ukraine in the context of sustainable development]. *Problemy suchasnykh transformatsii. Seriya: pravo, publichne upravlinnia ta administruvannya* [Problems of modern transformations. Series: Law, Public Administration]. no. 16, pp. 9–18. DOI: 10.54929/2786-5746-2025-16-02-09
11. Tkach, V.P., Vysotska, N.Yu., Torosov, A.S., Buksha, I.F. (2023). *Ekonomichna otsinka ekosystemnykh posluh lisiv Ukrainy* [Economic assessment of forest ecosystem services in Ukraine]. *Kharkiv, UkrNDILHA*, 28 p.
12. Makedon, V.V. (2012). Doslidzhennia protsesiv zabezpechennia sotsialnoi vidpovidalnosti u providnykh modeliakh korporatyvnoho upravlinnia [Study of the processes of ensuring social responsibility in leading models of corporate governance]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva. Ekonomichni nauky* [Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture. Economic Sciences]. Issue 126, pp. 198–206.
13. Zhytova, O.P., Moroz, V.V., Sheliuk, Yu.S., Bahrii, R.A., Musiienko, V.A. (2025). Pryrodni oselyshcha i okhroniuvani vydy flory ta fauny u lisovykh ekosystemakh Polissia [Natural habitats and protected species of flora and fauna in the forest ecosystems of Polissia]. *Scientific Discussion*. no. 101, pp. 3–8.
14. Esri. GIS for Land Administration. Available at: <https://www.esri.com/industries/cadastre/>
15. Sytnyk, O.S., Khryk, V.M., Kimeichuk, I.V., Levandovska, S.M., Masalskyi, V.P., Lozinska, T.P., Penkova, S.V. (2024). Mekhanizatsiia i transportuvannya lisu: innovatsiini pidkhody u lisozahotivli ta lisohospodarskykh robotakh [Mechanization and timber transportation: innovative approaches in forest exploitation and forestry operations]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 1, pp. 153–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-1-153-159
16. Makedon, V., Budko, O., Salyga, K., Myachin, V., Fisunen, N. (2024). Improving strategic planning and ensuring the development of enterprises based on relational strategies. *Theoretical and Practical Research in Economic Fields*. no. 15(4), pp. 798–811. DOI: 10.14505/tpref.v15.4(32).02
17. Kuzyk, A.D., Tovarianskyi, V.I. (2023). Vplyv voiennykh dii na lisovi ekosystemy Ukrainy ta yikh pislivoienne vidnovlennia [Impact of hostilities

on forest ecosystems of Ukraine and their post-war restoration]. *Visnyk LDUBZhD [Bulletin of Lviv State University of Life Safety]*. no. 27, pp. 16–22. DOI: 10.32447/20784643.27.2023.02

18. Nykyforak, V.A., Senovska, Ya.V., Chovban, I.V. (2019). Vykorystannia innovatsiinykh tekhnolohii u lisovomu hospodarstvi Ukrainy [Use of innovative technologies in forestry of Ukraine]. *LÓGOS. Mystetstvo naukovoï dumky [LÓGOS. The Art of Scientific Thought]*. no. 4, pp. 22–25. Available at: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/193/176>

19. Vlasniuk, V.P. (2021). Problemy ta perspektyvy rozvytku mekhanizatsii lisohospodarskykh robot v Ukraini [Problems and prospects of forestry mechanization development in Ukraine]. *Polissia National University*. Available at: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/logos/article/view/8464/8431>

20. Forza. Nablyzhene do pryrody lisivnytstvo v Ukraini'skykh Karpatakh [Forza. Close-to-nature forestry in Ukrainian Carpathians]. Available at: <https://forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-lisivnytstvo-v-ukrayinskih-karpatah>

21. Chelepis, T.O., Solovii, I.P. (2022). Biznes-modeli vedennia lisovoho hospodarstva na osnovi nadannia posluh ekosystem: analiz innovatsiinykh pidkhodiv [Business models of forestry based on the provision of ecosystem services: analysis of innovative approaches]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]*. no. 32(3), pp. 43–48. DOI: 10.36930/40320307

Afforestation on degraded lands: ecological and economic aspects

Lozinska T., Zadorozhnyi A., Berezenko K., Karpuk L., Kulyk R.

The article is devoted to a comprehensive analysis of the ecological and economic aspects of afforestation on degraded lands in Ukraine. The research methodology is based on the analysis of statistical data

from the State Forest Resources Agency of Ukraine, including indicators of forest cover, regional distribution of forest areas, and per capita provision of forest resources, with the use of graphic tools to visualize the dynamics of structural changes in ecosystems. A technological assessment of degraded lands was applied with the identification of three categories of forest plantation areas based on soil characteristics, as well as modeling the expected dynamics of forest structure using MidJourney software. The obtained scientific results demonstrate Ukraine's significant potential for restoring disturbed ecosystems, where the area of the state forest fund reaches 10.4 million hectares, of which 9.6 mln hectares are covered with woody vegetation, which provides a basis for expanding afforestation programs on degraded lands. Three categories of forestry areas have been proposed for adapted soil cultivation and planting, including milling, plowing furrows, and mechanized methods, with an emphasis on bio-remediation measures such as sowing green manure crops (lupine, mustard, rapeseed) to enrich the soil with organic matter. The practical value of the study lies in the development of integrated strategies, such as the economic conversion of arable lands into forests, agroforestry, and creation of protective forest belts to reduce erosion and optimize maintenance costs. The proposed organizational measures, including monitoring through satellite technologies and financial mechanisms («green investments», tax incentives), contribute to the implementation of large-scale afforestation projects and stimulate the development of a green economy in the regions of Ukraine. A comprehensive management model has been proposed that combines bio-remediation measures with innovative monitoring technologies, ensuring sustainable afforestation on sandy, acidic, and eroded soils, taking into account climatic risks.

Key words: afforestation, degraded lands, ecological restoration, economic benefit, mixed crops, sustainable forestry, breeding methods, introduction.



Copyright: Лозінська Т.П. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Лозінська Т.П.
Задорожний А.І.
Березенко К.С.
Карпук Л.М.
Кулик Р.М.

<https://orcid.org/0000-0002-7119-0759>
<https://orcid.org/0000-0002-0664-5462>
<https://orcid.org/0000-0003-3975-5278>
<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>
<https://orcid.org/0000-0003-2866-9307>

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*11:582.475:630*45

**Просторово-структурні особливості соснових лісів
і їхній вплив на чисельність стовбурових шкідників**Ситник О.С. , Кімейчук І.В. , Горновська С.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет



E-mail: Ситник О.С. s.sasha.htc@gmail.com; Кімейчук І.В. ivan.kimeichuk@btsau.edu.ua;

Горновська С.В. Gornovskayasvetlana@ukr.net



Ситник О.С., Кімейчук І.В., Горновська С.В. Просторово-структурні особливості соснових лісів і їхній вплив на чисельність стовбурових шкідників. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 350–361.

Sytnyk O., Kimeichuk I., Hornovska S. Spatial and structural features of pine forests and their impact on stem pests abundance. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 350–361.

Рукопис отримано: 25.09.2025 р.

Прийнято: 10.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-350-361

У статті наведено детальний аналіз впливу просторово-структурних особливостей соснових лісів на динаміку популяцій стовбурових шкідників у різних природних умовах середовища. Найбільш небезпечним серед фітофагів виявлено великого соснового довгоносика (*Hylobius abietis*), чорного (*Hylastes ater*), матового (*H. opacus*) та українського (*H. angustatus*) коренежилів, а також волохатого лубоїда (*Hylurgus ligniperda*), який швидко заселяє ослаблені ділянки.

Згідно з поставленою метою роботи, було проаналізовано й виявлено закономірності просторового розподілу шкідників залежно від типу лісорослинних умов, щільності насаджень і вікової структури соснових культур. Встановлено, що найбільша чисельність фітофагів характерна для лісостепової частини регіону, особливо у свіжих суборах, а найвищий рівень відпаду спостерігається серед дерев із тонкою кореневою шийкою та недостатньо розвиненою механічною тканиною.

Додатково охарактеризовано вплив привабливості культур і мікрокліматичних чинників (інсоляції, вологості, наявності вітрів, нерівномірності ґрунтового покриву) на заселення сосен шкідниками. Доведено, що структурно стійкі та різновікові насадження мають вищу резистентність до біотичних загроз і здатні частково стримувати спалахи масового розмноження. Просторова мозаїчність лісових угруповань може слугувати як бар'єром, так і сприятливим середовищем для поширення фітофагів, що підкреслює важливість урахування просторово-структурних характеристик під час лісогосподарського планування та моніторингу.

Подальші дослідження мають базуватись на проведенні оптимізаційних лісових заходів із урахуванням просторових чинників для мінімізації ризику масового розвитку стовбурових шкідників в умовах зміни клімату й зростання екологічної нестабільності.

Ключові слова: сосновий ліс, структурна стійкість, фітофаги сосни, популяційна динаміка, резистентність насаджень, просторові параметри.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В умовах сучасності в різних регіонах України спостерігається процес активізації всихання соснових лісів внаслідок комплексного впливу стовбурових шкідників, збудників грибкових хвороб та інших природних чинників. Особливою загрозою є деревозabarвлювальні гриби (гриби синяви),

які спричиняють зміну кольору деревини на синій, сірий або чорний відтінок, знижуючи її якість та ринкову вартість. Основний шлях проникнення цих грибів у дерево – це механічні пошкодження, зумовлені стовбуровими комахами – вусачами, короїдами, довгоносиками, що переважно заселяють ослаблені екземпляри сосни.

Сприятливі умови для живлення та розмноження створюють передумови для формування осередків масового розмноження комах, що здатні завдати шкоди навіть життєздатним деревам і знизити якість лісопродукції. Водночас висока чисельність цих комах-переносників значно підвищує ризик розповсюдження мікозів. У зв'язку з цим актуальним є поглиблене вивчення біологічних особливостей стовбурових фітофагів, а також умов їх поширення з метою розробки ефективних заходів захисту [1].

Аналіз сучасних літературних джерел свідчить про критичний стан соснових насаджень в Україні, зумовлений сукупною дією природних, антропогенних та кліматичних чинників. Зокрема, С.О. Харченко та інші дослідники підкреслюють, що значні площі соснових лісів зазнали всихання, що підтверджується статистичними даними Державного агентства лісових ресурсів України – площа уражених ділянок становить понад 221,8 тис. га, тобто 53,7 % від загального обсягу пошкоджених лісів. Основними біотичними чинниками деградації називають поширення стовбурових шкідників (зокрема верхівкового та шести зубчастого короїдів) і грибкових захворювань, які особливо активно уражують пристиглі та перестійні деревостани [19].

Наукові публікації останніх років, зокрема роботи Н.В. Страхової, В.П. Горбика та В.С. Бондаря, акцентують увагу на тому, що зміна клімату є ключовим чинником зниження стійкості соснових насаджень, а також сприяє активізації фітопатогенних організмів. Відтак, рекомендується впровадження адаптаційних заходів для підвищення резистентності лісових екосистем [18].

Особливу увагу в літературі приділено Західному Полісся України, де фіксують інтенсивне всихання соснових насаджень. Дослідження, проведені впродовж трьох років, дозволили виявити закономірності поширення процесів деградації залежно від вікових класів деревостанів і типів лісорослинних умов [2]. Зі свого боку, В.Ю. Юхновський із колегами зазначає, що на рекультивованих землях частка ослаблених дерев становить 44,7 %, а санітарний стан насаджень варіює в межах 3,01–3,41 балів за загальноприйнятою шкалою [20].

Особливий внесок у розуміння сучасних викликів у сфері лісокористування зроблено у доповіді Н.Ю. Висоцької, де розглянуто вплив воєнних дій на ліси в контексті зміни клімату. Зокрема, зазначено, що внаслідок бойових дій в Україні пошкоджено близько

600 тис. га лісових угідь, значна частина яких є замінованою, забрудненою босприпасами та зазнала деградації від пересування важкої техніки, що серйозно ускладнює ведення лісогосподарської діяльності та порушує природну рівновагу в екосистемах [5].

Дисертаційне дослідження О.Ю. Андреєвої висвітлює питання біотичної стійкості соснових насаджень Волинського та Житомирського Полісся. У роботі проведено узагальнення матеріалів щодо впливу екологічних чинників на розвиток фітофагів, обґрунтовано практичні пропозиції щодо підвищення резистентності насаджень на основі польових експериментів [1, 2].

Соснові ліси становлять один із домінантних типів лісових екосистем помірного кліматичного поясу. Їхня просторово-структурна організація – що охоплює вертикальну й горизонтальну структуру, щільність і зімкнутість деревостану, вікову диференціацію, наявність підросту та мертвої деревини – є визначальним чинником екологічної стабільності цих екосистем, зокрема їх здатності протидіяти біотичним чинникам деградації [5].

До найбільш загрозливих біотичних чинників належить комплекс стовбурових фітофагів (жуки-короїди, усачі, заболонники), здатних спричиняти масштабні пошкодження дерев, що знижує господарську продуктивність лісів та дестабілізує внутрішню екосистемну рівновагу.

Просторово-структурні характеристики лісових насаджень є критичними у контексті формування умов, що сприяють або, навпаки, обмежують розвиток і поширення популяцій стовбурових шкідників. Зокрема, моновікові та надмірно зімкнені або ослаблені деревостани демонструють вищу вразливість до заселення фітофагами, тимчасом різновікові й структурно стійкі угруповання виявляють більшу резистентність до біотичного навантаження. Суттєве значення мають також локальні мікрокліматичні умови – рівень вологості, інсоляції, наявність мікропошкоджень (сухостій, вітровали), які створюють сприятливі умови для розмноження та зимівлі шкідників [7].

Горизонтальна мозаїчність лісових насаджень, що передбачає чергування ділянок із різною щільністю, породним складом і фітосанітарним станом, може суттєво впливати на динаміку популяцій фітофагів. Такі просторові структури можуть як обмежувати поширення шкідників, перешкоджаючи їх міграції, так і формувати локальні екологічні

ніші, сприятливі для їх розмноження. Водночас активність стовбурових шкідників є потужним чинником, що трансформує структуру лісу, зумовлюючи вторинні зміни від відпаду окремих дерев до порушення цілісності великих фітоценозів [4].

Отже, дослідження просторово-структурних параметрів соснових лісів має важливе значення для виявлення механізмів формування та розвитку осередків шкідників, а також для оптимізації лісогосподарських заходів – таких як регламентоване проріджування, видалення джерел вторинного зараження, створення різновікових та структурно стійких насаджень. Ці завдання набувають особливої актуальності в умовах зміни клімату та зростання частоти масових спалахів ксилофагів у лісових екосистемах Європи й України.

Аналіз впливу просторово-структурних особливостей соснових лісів дозволяє виявити, яку роль вони відіграють у регуляції чисельності стовбурових шкідників, оскільки різноманіття цих особливостей в деяких випадках сприяє, а в деяких перешкоджає поширенню та розвитку популяції комах, які завдають шкоду деревам [10].

Стовбурові шкідники сосни здійснюють додаткове живлення переважно через деревні рослини у лісових культурах, створених на зрубках, а також на молодих пагонах дерев старшого віку, зокрема за участі природного поновлення. Під час обстежень соснових культур, закладених на місцях зрубів, поряд із визначенням кількості основних видів стовбурових шкідників численними дослідженнями встановлено частку ушкоджених дерев, а також частку загиблих особин сосни внаслідок дії фітофагів [10].

Серед стовбурових шкідників, що завдають значної шкоди незмінним сосновим культурам, найбільш небезпечними за поширенням та біологічною шкодочинністю є великий сосновий довгоносик (*Hylobius abietis*), а також представники роду *Hylastes* – чорний (*H. ater*), матовий (*H. opacus*) та український (*H. angustatus*) коренежили, а також волохатий лубоїд (*Hylurgus ligniperda*). Імаго цих видів пошкоджують молоді насадження як під час додаткового, так і за відновного живлення, тимчасом окремі види короїдів також здатні заселяти молоді сосни. Зазначені фітофаги здебільшого реалізують повний життєвий цикл впродовж одного року. Проте спостерігається диференціація на окремі фенологічні групи залежно від стадії зимівлі (личинка або імаго) [3].

Жуки великого соснового довгоносика, що перезимували у фазі імаго, розпочинають пошкодження соснових культур із середини квітня. Індивіди нового покоління з'являються з початку серпня до початку жовтня, тимчасом особини, які розвиваються з перезимованих личинок, починають літ із червня. Жуки волохатого лубоїда, що перезимували, стають активними наприкінці березня, а їхнє потомство – з липня до вересня [4].

Популяційна структура коренежилів (чорного, матового та українського) формується щонайменше з п'яти фенологічних груп: особини батьківського покоління, що зимували як імаго чи личинки, та представники нового покоління, які походять від двох попередніх груп. Потомство чорного коренежила, яке розвивається з імаго, вилітає наприкінці червня, а сестринське покоління – у травні. Імаго матового та українського коренежилів з'являються з місць зимівлі з середини квітня, а їхнє потомство пошкоджує сосну в першій декаді липня та на початку жовтня. Личинкові зимуючі форми цих видів трансформуються в імаго з вильотом у травні.

Середня щільність популяцій *Hylobius abietis* та згаданих короїдів істотно вища в лісостеповій частині регіону порівняно зі степовою. Максимальні показники чисельності та ураженості спостерігаються у свіжих суборах. Зокрема, за однакової чисельності шкідників, найвищий рівень відпаду притаманний соснам із мінімальним діаметром кореневої шийки.

Попри високий рівень привабливості соснових культур у свіжих судібрових (5 балів) та суборах (4 бали) для стовбурових шкідників, інтенсивний ріст дерев у цих умовах знижує загрозу відпаду до 1–2 балів. Натомість у сухих борах і суборах степової частини регіону загроза відпаду сягає 4–5 балів, навіть за середньої привабливості (3 бали).

Погіршення санітарного стану дерев на межі суцільних зрубів і культур фіксується впродовж чотирьох років після проведення рубок. У цей період суттєво зростає щільність популяцій коренежилів і волохатого лубоїда, особливо в прибережних до зрубів зонах [12].

Динаміка пошкодженості сосни *H. abietis* та короїдами в перші три роки після створення культур демонструє зростання, проте рівень відпаду знижується, що пов'язано зі зростанням резистентності дерев у міру їхнього старіння [3].

Розглянемо детально просторово-структурні особливості, які мають вплив на стовбурові шкідники та їх популяцію.

Видовий склад. Соснові монокультури менш стійкі до спалахів шкідників, ніж змішані ліси. Змішані насадження мають у складі породи дерев, які можуть створювати бар'єри для подальшого поширення шкідників, зокрема забезпечують поширення природних ворогів шкідників, покращують загальний стан ґрунту та мікроклімату, підвищують стійкість сосни [8].

Листяні дерева не заселяються сосновими шкідниками, розриваючи однорідність насадження і перешкоджаючи швидкому поширенню.

Різноманіття рослинності підтримує більшу кількість видів хижих комах, павуків, птахів, які полюють на стовбурових шкідників або їхні личинки.

Змішані ліси краще регулюють вологість, температуру, що може впливати на життєздатність шкідників. Листяні породи покращують склад ґрунту, що опосередковано підвищує стійкість сосни.

Отже, різноманіття видового складу підвищує екологічну стійкість лісу, робить його менш сприятливим для розвитку монокультурних шкідників та збільшує кількість природних ворогів [7].

Вікова структура насаджень. Молоді соснові ліси більш стійкі до пошкоджень шкідниками, оскільки з віком дерева стають ослабленими, пошкодженими, знижується резистентність до стрес-чинників, робить їх більш привабливими до стовбурових шкідників. Старі насадження мають більший відсоток ослаблених та сухостоїв, що являє собою ідеальне середовище для популяції шкідників.

Молоді насадження, здебільшого, мають високу фізіологічну активність, потужну смоловидільну систему та добре розвинені захисні механізми. Дерев активно ростуть, ефективно протистоять заселенню шкідниками, а їхня кора є більш щільною і менш придатною для відкладання яєць. Чисельність шкідників у таких лісах зазвичай низька [4].

Середньовікові та стиглі ліси мають перші ознаки ослаблення дерев, особливо в умовах стресу (посухи, пожежі, несприятливі ґрунтові умови). Захисні механізми можуть послаблюватися, що робить дерева більш вразливими. Це може стати початковою точкою для розвитку локальних осередків шкідників.

Перестійні ліси – найбільш вразливі насадження. Дерев часто мають гнилі, пошкодження, значне зниження смоловиділення, а загальна фізіологічна стійкість мінімальна. Така структура створює ідеальні умови для

масового розмноження стовбурових шкідників, оскільки для них доступна значна кількість ослабленого або мертвого деревинного матеріалу. Саме в перестійних лісах найчастіше виникають масштабні спалахи [11].

Отже, з віком змінюється хімічний склад деревини та смоли, товщина кори, фізіологічний стан дерева, що безпосередньо впливає на його привабливість для шкідників та здатність до опору.

Густота насаджень має значний вплив на популяцію та розмноження шкідників. Густі насадження акумулюють конкуренцію за ресурси, що послаблює дерева, робить їх більш сприйнятливими до появи шкідників, але водночас, дуже сильно розріджені насадження також створюють сприятливі умови для поширення шкідників через велику кількість сонячного світла та підвищення температури. Оптимальна густота сприяє формуванню стійкості дерев [7].

Велика конкуренція за світло, воду та поживні речовини призводить до ослаблення дерев, зменшення діаметра стовбура, пригнічення крони та зниження смоловиділення. Такі дерева стають легкою мішенню для стовбурових шкідників. Тісний контакт між кронами та коренями також сприяє швидкому поширенню шкідників.

Зважаючи на те, що дерева мають достатньо ресурсів для росту, надмірне проріджування може призвести до зміни мікроклімату – підвищення температури ґрунту та повітря, зменшення вологості. Різні види шкідників (наприклад, окремі види короїдів) надають перевагу освітленим ділянкам. Більш слабший вітрозахист також може збільшити кількість вітровалів, що стає джерелом розмноження шкідників.

Отже, густота безпосередньо впливає на життєздатність кожного дерева, його захисні реакції та умови для поширення шкідників між деревами.

Ослаблені та пошкоджені дерева (буреломи, вітровали, сухостій, пожежі, грибкові захворювання) – головне джерело та плацдарм для розвитку популяції стовбурових шкідників. Такі дерева – матеріал з ідеальними характеристиками для розмноження шкідників, вони мають ослаблений захисний механізм [6].

Для стовбурових шкідників, які спеціалізуються на заселенні таких дерев, це ідеальні умови для масового розмноження. Ослаблені дерева не здатні ефективно виділяти смолу для "виштовхування" шкідника або "запечаткування" його ходів. Одиначні ослаблені дерева або ділянки з пошкодженими деревами

стають осередками, з яких шкідники потім поширюються на здорові насадження. Часто спалахи починаються саме з таких ділянок.

Отже, слід зазначити, що ослаблені дерева є «сигналом» для шкідників і забезпечують сприятливе середовище для завершення їх життєвого циклу.

Генетичне різноманіття є важливим чинником, що впливає на стан популяцій та розмноження стовбурових шкідників. Лісові насадження з низьким рівнем генетичної варіабельності, зокрема створені методом клонового розмноження, характеризуються підвищеною вразливістю до фітофагів. Відсутність достатнього генетичного поліморфізму обмежує можливості природного добору та унеможливорює формування резистентних форм дерев. Монотипні плантації, в яких домінують генетично ідентичні індивіди, виявляють подібні захисні реакції на ураження, що спричиняє високий рівень уразливості: подолання захисту одного дерева шкідником з великою ймовірністю призводить до ураження всього насадження. У контексті цього особливу загрозу становить селекція деревних видів, орієнтована переважно на продуктивність без урахування адаптивної та імунної стійкості, що може посилювати ризики масових спалахів шкідників [9].

Різні генотипи означають різноманіття захисних механізмів. Деякі дерева можуть бути природно стійкими до певних шкідників, інші – менш стійкими. Така різноманітність створює «буфер», який уповільнює поширення шкідників, оскільки їм доводиться долати різні типи опору [25]. Це дозволяє лісу «адаптуватися» до тиску шкідників через природний відбір.

Отже, генетична різноманітність забезпечує адаптивний потенціал лісу, дозволяючи йому виживати в умовах постійного тиску шкідників [8].

Поширення шкідливих комах зумовлено екологічними особливостями конкретних лісових насаджень, які варіюються за ступенем привабливості для ентомофауни та потенціалом до формування осередків масового розмноження. Найглибше вивченими є чинники, що визначають привабливість насаджень для комах-хвоєлистогризів, на основі чого було розроблено бальну систему оцінки лісорослинних умов, віку, повноти, видового складу насаджень та інших екологічних параметрів [14].

Щодо стовбурових комах, зокрема великого соснового довгоносіка та короїдів, які

пошкоджують і заселяють сосну у незімкнених культурах, їхнє поширення обумовлено наявністю відповідного субстрату для заселення та доступністю кормової бази для додаткового живлення.

Отже, численні наукові праці підтверджують, що фітосанітарний стан соснових лісів України поступово погіршується під впливом зміни клімату, інтенсивного розповсюдження шкідників, патогенів та антропогенних чинників, зокрема військових дій. У зв'язку з цим, актуальним є впровадження комплексного підходу до моніторингу, оздоровлення та адаптації лісових насаджень. До таких заходів дослідники відносять застосування селекційних методів, генетичної інженерії, своєчасне проведення санітарних рубок та загальну адаптацію лісового господарства до нових кліматичних реалій.

Об'єкт дослідження – соснові насадження, уражені стовбуровими шкідниками.

Предмет дослідження – взаємозв'язок між просторово-структурними особливостями соснових лісів та чисельністю стовбурових шкідників.

Мета дослідження – встановити особливості поширення стовбурових шкідників у соснових насадженнях з урахуванням просторово-структурних особливостей та екологічних умов.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання дослідження:

- проаналізувати видовий склад стовбурових шкідників соснових насаджень;
- рорглянути екологічні чинники, що впливають на поширення фітопатогенних організмів;
- встановити закономірності взаємозв'язку між просторово-структурними особливостями соснових лісів та чисельністю стовбурових шкідників;
- надати практичні рекомендації щодо зниження фітопатологічного ризику в соснових лісах.

Наукова новизна дослідження. Було проведено комплексний аналіз поширення стовбурових фітофагів з урахуванням природно-кліматичних і лісорослинних умов. Встановлено зв'язок між структурно-віковими характеристиками насаджень та чисельністю шкідників.

Практичне значення отриманих результатів роботи. Результати дослідження можуть бути використані у практиці лісового господарства для розробки регіональних систем фітосанітарного моніторингу та планування профілактичних заходів.

Матеріал і методи дослідження. Теоретико-методологічну, методичну та експериментальну основу дослідження сформовано на засадах системного підходу, що передбачає інтегральне вивчення екологічних чинників різної етіології, які визначають рівень біотичної стійкості соснових насаджень.

Оцінку біотичної стійкості насаджень здійснювали за низкою показників, зокрема:

- ступенем пошкодження дерев шкідниками та збудниками хвороб;
- інтенсивністю заселення стовбурів комахами-фітофагами;
- морфометричними показниками дерев, що засвідчують їхній фізіологічний стан (товщина кореневої шийки, висота, вік тощо).

Місце проведення дослідження – соснові ліси Лівобережного Лісостепу України.

Проміжки проведення дослідження – 2023–2024 рр.

Для виявлення видового складу стовбурових шкідників застосовувались методи ві-

зуального обстеження дерев, відбір зразків деревини. У дослідженні також враховано санітарно-лісівничу інформацію лісогосподарських підприємств, матеріали фітосанітарного моніторингу Державного агентства лісових ресурсів України.

Результати дослідження та обговорення. Результати обстеження незімкнених лісових культур свідчать про істотну варіацію чисельності стовбурових шкідників сосни залежно від типу лісорослинних умов, а також за лісогосподарськими та лісомисливськими підприємствами (табл. 1).

Аналіз згрупованих даних за природними зонами показує, що середня чисельність стовбурових шкідників сосни у пастках (перерахована на 1 м²) в усіх лісорослинних умовах була дещо вищою у насадженнях лісостепових борів порівняно зі степовою частиною. Зокрема, у сухих борах ця різниця становила 1,4 раза, у сухих суборах – 1,2 раза, у свіжих борах і суборах – відповідно 1,1 та 1,2 раза (табл. 2).

Таблиця 1 – Чисельність стовбурових шкідників незімкнених культур сосни у різних типах лісорослинних умов (екз./м²) (2023–2024 рр.) [14]

Гігротоп (індекс гігротопу)	Трофотоп (індекс трофотопу), природна зона					
	бори (А)		субори (В)		сугруди (С)	
	Лісостеп	Степ	Лісостеп	Степ	Лісостеп	Степ
Сухі (1)	5,1 ± 0,59	3,6 ± 0,47	6,2 ± 0,75	5,0 ± 0,66	8,2 ± 0,91	–
Свіжі (2)	8,3 ± 0,89	6,9 ± 0,82	10,4 ± 1,07	8,5 ± 0,94	8,1 ± 0,93	8,6 ± 1,02
Вологі (3)	6,2 ± 0,71	–	9,3 ± 1,02	–	6,1 ± 0,72	–
Сирі (4)	3,8 ± 0,41	–	5,7 ± 0,65	–	–	–
Мокрі (5)	2,3 ± 0,34	–	3,6 ± 0,42	–	–	–

Примітка: авторська розробка.

Таблиця 2 – Запас сосни у 80- та 90-річних насадженнях у різних типах лісорослинних умов (м³/га) (2023–2024 рр.) [20]

Група за вологістю (гігротопи)	Група за багатством ґрунту (трофотопи)					
	А – бори		В – субори		С – судіброви	
	80-річні	90-річні	80-річні	90-річні	80-річні	90-річні
1 – сухі	281 / 208	319 / 231	332 / 276	347 / 305	434	469
2 – свіжі	433 / 390	468 / 429	546 / 478	589 / 523	478 / 495	506 / 529
3 – вологі	328	351	519	565	319	347
4 – сирі	189	217	301	319	–	–
5 – мокрі	138	152	179	196	–	–

Примітка: авторська розробка.

У межах кожного трофотопу найвищі показники чисельності фіксували у свіжих лісорослинних умовах із поступовим зменшенням у напрямку до вологих і мокрих типів. Водночас спостерігалася стійка тенденція до збільшення чисельності стовбурових шкідників у пастках у суборах порівняно з борами в усіх гігروتіпах. Підвищення чисельності у сугрудах відносно суборів було зафіксоване лише в умовах сухих гігروتіпів.

Отримані результати можливо пояснити особливостями структури насаджень у сугрудах, де переважають мішані ліси. Це обумовлює меншу кількість доступного субстрату (пні та ослаблені корені дерев на межі лісу й зрубу), придатного для заселення стовбуровими шкідниками. Обсяг такого субстрату, перерахований на 1 га, є більшим у насадженнях із вищим запасом деревини, причому в одновікових чистих соснових насадженнях цей запас значною мірою визначається типом лісорослинних умов [4].

Для підтвердження цієї гіпотези було проаналізовано дані щодо запасу деревини сосни у 80- та 90-річних насадженнях, розташованих у лісостеповій і степовій зонах. Варто підкреслити, що в таблиці 2 та рисунку 1 подано саме показники запасу сосни, оскільки насадження в сугрудах здебільшого є мішаними, а в суборах – часто мішаними [17].

Аналіз наведених у таблиці 2 даних підтверджує припущення, що обсяг субстрату для заселення стовбуровими шкідниками є

найбільшим у насадженнях з вищим запасом деревини.

У всіх гігروتіпах зафіксовано стійку тенденцію до зростання запасу деревини сосни в суборах порівняно з борами. Збільшення цього показника у сугрудах відносно суборів спостерігалось переважно в умовах сухих гігروتіпів.

Отже, чисельність стовбурових шкідників у незімкнених соснових культурах значною мірою зумовлюється лісорослинними умовами, які визначають не лише загальний запас деревини сосни, а й потенційну кількість субстрату, придатного для розвитку комах. Водночас варто враховувати, що підвищення чисельності шкідників не завжди прямо корелює з рівнем їх шкідливості. Ефективність пошкодження залежить також від привабливості дерев для заселення, а також від здатності рослин до самовідновлення [13].

Чисельність стовбурових шкідників сосни суттєво варіює залежно від типів лісгосподарських підприємств та лісорослинних умов. Аналіз отриманих даних свідчить, що середня чисельність шкідників у пастках (перерахована на 1 м²) має значні відмінності між різними типами біотопів: зокрема, у сухих, свіжих і вологих умовах. У межах кожної групи ґрунтово-гідрологічних умов чисельність шкідників була найвищою у свіжих місцезростаннях і знижувалася у напрямку до вологих і мокрих ділянок [8].

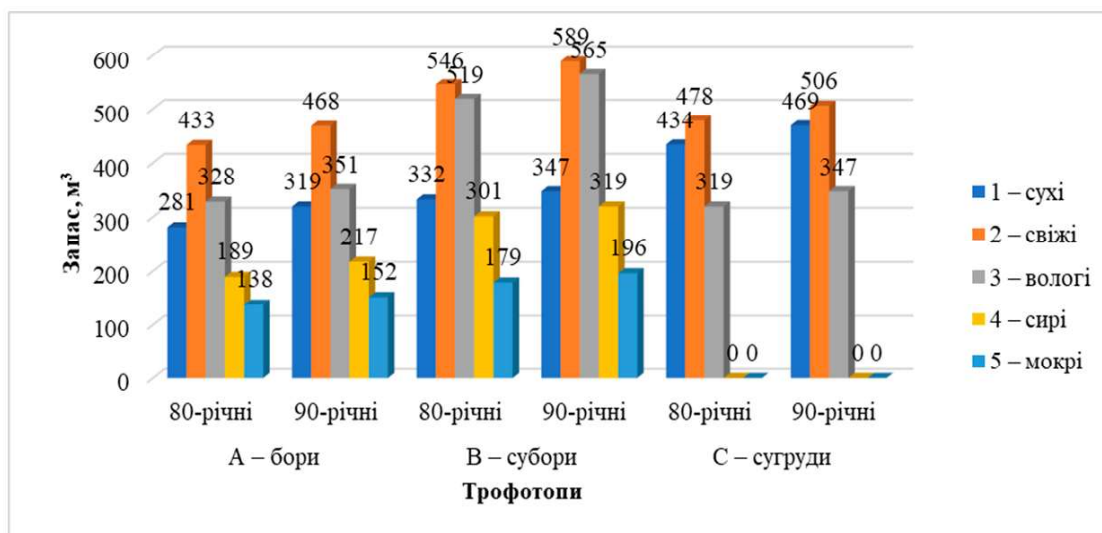


Рис. 1. Розподіл за гігро- і трофотопами для різного віку насаджень (2023–2024 рр.).

Примітка: авторська розробка.

У всіх гігроморфних варіантах виявлено тенденцію до збільшення середньої чисельності стовбурових шкідників у суборах порівняно з борами. Зростання цього показника у сугрудах порівняно із суборами зафіксовано переважно в сухих умовах. Це пояснюється особливостями структури насаджень: у сугрудах переважають мішані лісостани, що знижує доступність субстрату, придатного для заселення шкідниками, зокрема пнів і коренів ослаблених дерев на узліссях або ділянках культур. Обсяг такого субстрату в перерахунку на 1 гектар корелює із запасом деревини, який, своєю чергою, залежить від типу лісорослинних умов за однакового віку насаджень [15].

Результати аналізу підтверджують припущення про те, що чисельність стовбурових шкідників прямо залежить від обсягу доступного субстрату, який є більшим у насадженнях із вищим запасом деревини [24]. Найбільші значення запасу деревини спостерігаються саме в певних типах лісорослинних умов, що забезпечує оптимальні умови для розвитку ксилофагів [26].

Щодо шкідливості стовбурових шкідників у незімкнених соснових культурах, вона значною мірою визначається умовами місцезростання. Основною кормовою базою для додаткового живлення є молоді соснові культури на ділянках після рубок, а також пагони поточного року в дерев старшого віку. Під час проведення польових обстежень реєстрували не лише чисельність комах, а також частку пошкоджених дерев та частку загиблених унаслідок пошкодження [7].

За однакової чисельності шкідників у різних умовах зростання, відсоток пошкоджених рослин сосни виявляється вищим у менш сприятливих для росту середовищах. Це може бути пов'язано з тим, що в кращих гідротермічних умовах шкідники мають доступ до альтернативних джерел живлення, таких як природне поновлення, що пом'якшує тиск на штучні культури. Крім того, посушливі умови спричиняють зниження загальної стійкості соснових рослин до біотичних чинників, ускладнюючи процеси регенерації після ушкоджень [23].

Отже, вплив лісорослинних умов на популяційну динаміку стовбурових шкідників та стійкість соснових культур є комплексним, зумовленим як структурно-функціональними характеристиками насаджень, так і особливостями гідротермічного режиму, що визначають доступність живильного субстрату та реактивність деревостану до ушкоджень [16].

Ефективне обмеження поширення стовбурових шкідників у новостворених лісових культурах може бути досягнуте за реалізації комплексу профілактичних заходів, зокрема: відстрочення термінів садіння після суцільної рубки, використання садивного матеріалу з більш розвиненою кореневою шийкою, влаштування механічних перешкод для пересування імаго (ловильні ями, феромонні пастки), а також застосування хімічного захисту – зокрема, інсектицидної обробки. Ефективність зазначених заходів значною мірою залежить від узгодження їх із сезонною динамікою розвитку шкідників [21].

Фенологічні спостереження засвідчують, що літ імаго волохатого лубоїда (*Hylurgus ligniperda*) та чорного коренежила (*Hylastes ater*) у незімкнених культурах розпочинається наприкінці березня – на початку квітня, синхронно з початком льоту великого соснового лубоїда (*Tomicus piniperda*) та цвітінням ліщини (*Corylus avellana* L.). Ці події збігаються з датою стійкого переходу середньодобової температури повітря через $+5^{\circ}\text{C}$, що підтверджено спостереженнями у різних регіонах [10].

З огляду на те, що садіння лісу зазвичай відбувається одразу після відтавання верхнього шару ґрунту (тобто після досягнення позначки $+5^{\circ}\text{C}$), найбільш доцільним є проведення заходів захисту саджанців від шкідників саме в цей період. На етапі укорінення молоді культури є найбільш вразливими до біотичних стресорів. Одним із ефективних засобів профілактики є інсектицидна обробка кореневої системи садивного матеріалу перед висаджуванням [18].

Інсектицидну обробку коренів перед садінням широко застосовують в лісогосподарській практиці скандинавських країн, де кліматичні умови обумовлюють пізніші терміни садіння і, відповідно, більш віддалену активність комах-шкідників [5].

Водночас, результати власних досліджень засвідчили, що інсектицидна обробка коренів має обмежену ефективність у часі. Через інтенсивне прогрівання ґрунту діючі речовини інсектицидів швидко розкладаються, що знижує їхню захисну дію. У зв'язку з цим виникає необхідність повторного застосування інсектицидів у формі наземного обприскування для забезпечення комплексного захисту культур від комплексу шкідливих комах (хрущів, довгоносиків, коренежилів тощо) [11].

З метою підвищення ефективності захисту соснових лісів від стовбурових шкідників рекомендується: забезпечити хімічний захист

культур впродовж двох перших років після їх створення; відтермінувати проведення суцільних рубок насаджень, що безпосередньо межують з незімкненими сосновими культурами; впровадити бальну систему оцінки привабливості культур для шкідників та загрозу їх відпаду; використовувати узагальнену шкалу для комплексної оцінки рівня поширеності стовбурових шкідників з урахуванням впливу на приріст, якість стовбура та ризик відпаду; використовувати удосконалену методику обліку чисельності шкідників (пізньоосінній облік); реалізувати захисні заходи за допомоги інсектицидів [22].

Висновки. Під час дослідження, яке проводили у 2023–2024 рр. встановлено, що в соснових лісах Лівобережного Лісостепу України чисельність стовбурових шкідників істотно варіює залежно від лісорослинних умов та структури насаджень. Виявлено, що середня чисельність стовбурових шкідників у пастках (перерахована на 1 м²) вище у лісостепових борах порівняно зі степовою зоною: у сухих борах – у 1,4 раза, у сухих суборах – у 1,2 раза, у свіжих борах і суборах – відповідно у 1,1 та 1,2 раза.

Найбільша чисельність спостерігалась у свіжих гігروتпах (8,3–10,4 екз./м² у лісостепу та 6,9–8,5 екз./м² у степу), тимчасом у вологих, сирих і мокрих умовах їх кількість знижувалася до 2,3–6,2 екз./м². Стійка тенденція до зростання чисельності шкідників відмічена у суборах порівняно з борами в усіх типах гігروتпів, тимчасом у сугрудах підвищення фіксували переважно в сухих умовах.

Під час аналіз запасу деревини у 80- та 90-річних насадженнях виявлено, що обсяг субстрату для заселення стовбуровими шкідниками є найбільшим у насадженнях з вищим запасом деревини: у свіжих суборах – 478–589 м³/га, тимчасом як у сухих борах цей показник становив 208–319 м³/га. Це підтверджує залежність чисельності ксилофагів від обсягу доступного субстрату. Встановлено, що у менш сприятливих умовах зростання відсотка пошкоджених соснових культур є вищим за однакової чисельності шкідників. Це пояснюється зниженням стійкості дерев до біотичних стресорів у посушливих умовах.

Піж час фенологічних спостережень було підтверджено, що літ імаго *Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater* та *Tomicus piniperda* розпочинається синхронно з переходом середньодобової температури через +5 °С, що збігається з оптимальними термінами проведення заходів захисту культур.

Результати дослідження підтверджують, що поширення та чисельність стовбурових шкідників сосни визначаються поєднанням лісорослинних умов, структурних характеристик насаджень та запасу деревини. Здорові дерева є менш привабливими для заселення, тимчасом ослаблені рослини сприяють формуванню осередків масового розмноження.

Отже, для ефективного контролю чисельності стовбурових шкідників необхідно враховувати та регулювати просторово-структурні особливості соснових насаджень. Заходи, спрямовані на підвищення природної стійкості лісів, є основними інструментами профілактики та зниження шкодочинності. Це відповідає поставленій меті дослідження – визначити особливості поширення стовбурових шкідників у соснових насадженнях з урахуванням просторово-структурних характеристик та екологічних умов для обґрунтування ефективних методів моніторингу та профілактики ураження деревини, що було досягнуто.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреева О.Ю. Особливості поширення мікозу сосни звичайної у лісових насадженнях Житомирського Полісся. Наукові читання 2016. Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроєкологічний університет», 2016. С. 125–129.
2. Андреева О.Ю. Прогнозування поширеності осередків соснових пильщиків у лісах Центрального Полісся. Вісник НУБіПУ. Агрономія. Київ, 2009. Вип. 132. С. 135–141.
3. Аристова А.І., Скрильник Ю.Є. Стовбурові шкідники сосни у насадженнях Луганської області. Захист рослин у ХХІ столітті: проблеми та перспективи розвитку: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 80-річчю з дня заснування факультету захисту рослин ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Харків: ХНАУ, 2012. С. 12–13. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/47997>
4. Сучасний фітосанітарний стан соснових лісів західного Полісся та їхнє масове всихання: аналітична довідка / В.О. Бородавка та ін. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. Вип. 266. С. 126–139. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_lis_2017_266_16
5. Висоцька Н.Ю. Вплив збройних конфліктів на лісові екосистеми в контексті зміни клімату. Ліси в умовах сучасних викликів. УкрНДІЛГА, 2022. С. 36–38.
6. Гордієнко М.І. Лісівничі властивості деревних рослин. Київ: Вістка, 2019. 819 с.
7. Кочетова А.І. Ефективність хімічного захисту деревини сосни звичайної від стовбурових шкідників у Північному Степу України. Вісник Харківського національного аграрного універси-

тету. Фітопатологія та ентомологія. 2015. № 1–2. С. 65–73.

8. Зінченко О.В. Вплив стовбурових шкідників на ріст та стан соснових насаджень Лівобережного Лісостепу: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.03.03. Харків, 2014. 20 с., 8 с.

9. Краснов В.П., Ткачук В.І., Орлов О.О. Довідник із захисту лісу. Київ: ЕКО-інформ, 2018. 528 с.

10. Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України / за ред. В.Л. Мешкової. Харків: ТОВ Планета-Прінт, 2020. 92 с.

11. Мешкова В.Л. Поширеність короїдів коренежилів у культурах сосни, створених на зрубках. Вісник ХНАУ. Ентомологія та фітопатологія. 2007. № 7. С. 115–120.

12. Мешкова В.Л. Заселеність стовбуровими комахами соснових насаджень, ослаблених різними чинниками. Вісник Харківського національного аграрного університету. Фітопатологія та ентомологія. 2019. № 10. С. 126–131.

13. Мринський І.М., Тимошук Т.М. Шкідники лісу, садово-паркових культур та полезахисних лісонасаджень. Шкідники листяних порід. 2022. Т. 1. 672 с.

14. Окрушко С.Є., Вергелес П.М. Хвороби і шкідники лісових та садово-паркових культур. Вінниця: ТОВ Твори, 2020. 276 с.

15. Пінчук Н.В., Вергелес П.М., Коваленко Т., Окрушко С.Є. Загальна фітопатологія. Вінниця, 2019. 276 с.

16. Рудська Н.О., Пінчук Н.В., Ватаманюк О.В. Лісова ентомологія. Вінниця: ТОВ Твори, 2020. 288 с.

17. Скрильник Ю.Є. Фенологічні особливості льоту комах-ксилофагів сосни звичайної у Лівобережному Лісостепу України. Изв. Харьк. Ентомолог. о-ва. 2011. Т. XIX. Вип. 1. С. 47–56.

18. Страхова Н.В., Горбик В.П., Бондар В.С. Сучасний фітосанітарний стан соснових лісів Західного Полісся та їхнє масове всихання (аналітична довідка). Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 131. С. 266–273. URL: <https://journals.uran.ua/bnusing/article/view/319399>

19. Харченко Ю. Оцінка збитків від пошкоджень лісових насаджень України шкідниками та хворобами лісу. Київ. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та лісової меліорації ім. Г.М. Висоцького. 2020. 18 с. URL: https://www.sfi-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2024/03/apd_fpb_kharchenko_ua_02_2020.pdf

20. Юхновський В.Ю., Проценко І.А., Хрик В.М. Санітарний стан соснових насаджень на рекультивованих землях. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Вип. 28 (11). С. 55–59. DOI: 10.15421/40281110

21. Bolte A. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. Scandinavian Journ. of Forest Research. 2009. Vol. 24. P. 473–482.

22. Braza R.D. Important pests and their control in PICOP forest nurseries. PCARRD Monitor. 1990. 18. P. 8–11.

23. Trade-offs between the metabolic rate and population density of plants / J.M. Deng et al. PLoS One. 2008. Vol. 3. 1799 p.

24. Models and tests of optimal density and maximal yield for crop plants / J.M. Deng et al. Proc Natl Acad Sci USA. 2012. Vol. 109. P. 15823–15828.

25. Elouard C. Pests and diseases of Dipterocarpaceae. A Review of Dipterocarps: Taxonomy, Ecology and Silviculture. Indonesia: Center for International Forestry Research, 1998. P. 115–131.

26. Enquist B.J., Niklas K.J. Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants. Science. 2002. Vol. 295. P. 1517–1520.

REFERENCES

1. Andreieva, O.Yu. (2016). Osoblyvosti poshyrennia mykozu sosny zvychainoi u lisovykh nasadzhenniakh Zhytomyrskoho Polissia [Peculiarities of the spread of Scots pine mycosis in the forests of Zhytomyr Polissia]. Zhytomyr, Zhytomyr National Agroecological University, pp. 125–129.

2. Andreieva, O.Yu. (2009). Prohnozuvannia poshyrenosti osередkiv sosnovykh pylshchykiv u lisakh Tsentralnoho Polissia [Prediction of the spread of pine sawfly foci in the forests of Central Polissia]. Visnyk NUBiPU. Ahronomiia [Bulletin of NULES of Ukraine. Agronomy]. no. 132, pp. 135–141.

3. Aristova, A.I., Skrylnyk, Yu.Ye. (2012). Stovbuovi shkidnyky sosny u nasadzhenniakh Luhanskoï oblasti [Trunk pests of pine in the plantations of Luhansk region]. Zakhyst roslyn u XXI stolitti: problemy ta perspektyvy rozvytku [Plant protection in the 21st century: problems and development prospects]. Kharkiv, KhNAU, pp. 12–13. Available at: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/47997>

4. Borodavka, V.O., Borodavka, O.B., Hetmanchuk, A.I., Bortnik, T.P., Kychyliuk, O.V. (2017). Suchasnyi fitosanitarnyi stan sosnovykh lisiv zakhidnoho Polissia ta yikhnie masove vsykhannia [Current phytosanitary condition of pine forests in Western Polissia and their massive drying]. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy [Scientific Bulletin of NULES of Ukraine]. no. 266, pp. 126–139. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2017_266_16

5. Vysotska, N.Yu. (2022). Vplyv zbroinykh konfliktiv na lisovi ekosystemy v konteksti zminy klimatu [Impact of armed conflicts on forest ecosystems in the context of climate change]. Lisy v umovakh suchasnykh vyklykiv [Forests in conditions of modern challenges]. Kharkiv, UkrNDILHA, pp. 36–38.

6. Hordiienko, M.I. (2019). Lisivnychi vlastyvoli derevnykh roslyn [Silvicultural properties of woody plants]. Kyiv, Vistka, 819 p.

7. Kochetova, A.I. (2015). Efektyvnist khimichnoho zakhystu derevyny sosny zvychainoi vid stovbuovykh shkidnykiv u Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Efficiency of chemical protection of Scots pine wood from trunk pests in the Northern Steppe of Ukraine]. Visnyk KhNAU. Fitopatolohiia ta ento-

molohiia [Bulletin of KhNAU. Phytopathology and entomology]. no. 1–2, pp. 65–73.

8. Zinchenko, O.V. (2014). Vplyv stovbuovykh shkidnykiv na rist ta stan sosnovykh nasadzen Livooberezhnoho Lisostepu [The impact of trunk pests on the growth and condition of pine stands in the Left-Bank Forest-Steppe: author's abstract of Candidate's thesis: 06.03.03]. Kharkiv, 20 p., 8 p.

9. Krasnov, V.P., Tkachuk, V.I., Orlov, O.O. (2018). Dovidnyk iz zakhystu lisu [Handbook of forest protection]. Kyiv, EKO-Inform, 528 p.

10. Meshkova, V.L. (2020). Metodychni vkazivky z nahliadu, obliku ta prohnozuvannia poshyrennia shkidnykiv i khvorob lisu dlia rivnynoi chastynty Ukrainy [Guidelines for monitoring, accounting and forecasting of forest pests and diseases in the flat part of Ukraine]. Kharkiv, LLC Planeta-Print, 92 p.

11. Meshkova, V.L. (2007). Poshyrenist koroidiv korenzhliv u kulturakh sosny, stvorenykh na zrubakh [Distribution of root bark beetles in pine plantations created on clearcuts]. Visnyk KhNAU. Entomolohiia ta fitopatolohiia [Bulletin of KhNAU. Entomology and phytopathology]. no. 7, pp. 115–120.

12. Meshkova, V.L. (2019). Zaselenist stovbuovymy komakhmy sosnovykh nasadzen, oslablyenykh riznymi chynnykamy [Colonization of pine stands weakened by various factors by stem insects]. Visnyk KhNAU. Fitopatolohiia ta entomolohiia [Bulletin of KhNAU. Phytopathology and entomology]. no. 10, pp. 126–131.

13. Mrynskyi, I.M., Tymoshchuk, T.M. (2022). Shkidnyky lisu, sadovo-parkovykh kultur ta polezakhysnykh lisonasadzen. Shkidnyky lystianykh porid [Forest, park and shelterbelt pests. Pests of broadleaf species]. Vinnytsia, LLC Tvory, Vol. 1, 672 p.

14. Okrushko, S.Ye., Verheles, P.M. (2020). Khvoroby i shkidnyky lisovykh ta sadovo-parkovykh kultur [Diseases and pests of forest and park plantations]. Vinnytsia, LLC Tvory, 276 p.

15. Pinchuk, N.V., Verheles, P.M., Kovalenko, T., Okrushko, S.Ye. (2019). Zahalna fitopatolohiia [General phytopathology]. Vinnytsia, LLC Tvory, 276 p.

16. Rudska, N.O., Pinchuk, N.V., Vatamaniuk, O.V. (2020). Lisova entomolohiia [Forest entomology]. Vinnytsia, LLC Tvory, 288 p.

17. Skrylnyk, Yu.Ye. (2011). Fenolohichni osoblyvosti liotu komakh-ksylofahiv sosny zvychainoi u Livooberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Phenological features of flight of wood-boring insects of Scots pine in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Izv. Khark. entomol. o-va [Proceedings of Kharkiv Entomological Society]. Vol. 19, no. 1, pp. 47–56.

18. Strakhova, N.V., Horbyk, V.P., Bondar, V.S. (2017). Suchasnyi fitosanitarnyi stan sosnovykh lisiv Zakhidnoho Polissia ta yikhnje masove vsykhannia [Current phytosanitary state of pine forests of Western Polissia and their massive drying]. Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia [Forestry and Agroforestry]. no. 131, pp. 266–273. Available at: <https://journals.urau.ua/bnusing/article/view/319399>

19. Kharchenko, Yu.O. (2020). Otsinka zbytkiv vid poshkodzen lisovykh nasadzen Ukrainy shkidnykamy ta khvorobamy lisu [Assessment of damage caused by pests and diseases to Ukrainian forests]. Kyiv, UkrNDILHA, 18 p. Available at: https://www.sfi-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2024/03/apd_fpb_kharchenko_ua_02_2020.pdf

20. Yukhnovskyi, V.Yu., Protsenko, I.A., Khryk, V.M. (2018). Sanitarnyi stan sosnovykh nasadzen na rekultyvovanykh zemliakh [Sanitary condition of pine plantations on reclaimed lands]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 28, no. 11, pp. 55–59. DOI: 10.15421/40281110

21. Bolte, A. (2009). Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. Scandinavian Journal of Forest Research. Vol. 24, pp. 473–482.

22. Braza, R.D. (1990). Important pests and their control in PICOP forest nurseries. PCARRD Monitor. Vol. 18, pp. 8–11.

23. Deng, J.M., Li, T., Wang, G.X. (2008). Trade-offs between the metabolic rate and population density of plants. PLoS One. Vol. 3, 1799 p.

24. Deng, J.M., Ran, J., Wang, Z. (2012). Models and tests of optimal density and maximal yield for crop plants. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. Vol. 109, pp. 15823–15828.

25. Elouard, C. (1998). Pests and diseases of Dipteroecarpaceae. A Review of Dipteroecarps: Taxonomy, Ecology and Silviculture. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research, pp. 115–131.

26. Enquist, B.J., Niklas, K.J. (2002). Global allocation rules for patterns of biomass partitioning in seed plants. Science. Vol. 295, pp. 1517–1520.

Spatial and structural features of pine forests and their impact on stem pests abundance

Sytnyk O., Kimeichuk I., Hornovska S.

The article provides detailed analysis of the impact of spatial and structural characteristics of pine forests on the population dynamics of stem pests under various natural environments. The most dangerous among the phytophagous insects are the large pine weevil (*Hylobius abietis*), the black (*Hylastes ater*), the matted weevil (*H. opacus*), and the Ukrainian (*H. angustatus*) root beetles, as well as the red-haired pine bark beetle (*Hylurgus ligniperda*), which quickly colonizes weakened areas.

In accordance with the stated objective of the work the patterns of spatial distribution of pests were analyzed depending on the type of forest site conditions, stand density, and age structure of pine plantations. It has been established that the highest number of phytophages is typical for the forest-steppe part of the region, especially in fresh subor-type pine forests, and the highest level of defoliation is observed among trees with thin root collars and insufficiently developed mechanical tissue. Additionally, the influence of crop attractiveness and microclimatic factors (insolation, humidity, windbreaks, uneven soil cover) on pine pest infestation was characterized.

It has been proven that structurally stable and mixed-aged stands are more resistant to biotic threats and can partially contain outbreaks of mass reproduction. The spatial mosaicity of forest communities may act either as a barrier or as a favorable environment for the spread of phytophagous species, which highlights the importance of considering spatial and structural characteristics in forest management planning and monitoring.

Future research should be based on implementing optimization-oriented silvicultural measures, taking into account spatial factors to minimize the risk of mass outbreaks of stem pests under conditions of climate change and growing environmental instability.

Key words: pine forest, structural stability, pine phytophages, population dynamics, stand resistance, spatial parameters.



Copyright: Ситник О.С., Кімейчук І.В., Горновська С.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Ситник О.С.

<https://orcid.org/0009-0002-2637-1849>

Кімейчук І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-9100-1206>

Горновська С.В.

<https://orcid.org/0000-0001-8244-3523>

ЕКОЛОГІЯ

УДК 581.1:581.9:582.683.2:504.054

Еколого-біологічні основи поширення та використання *Portulaca oleracea* L. у світі та Україні з урахуванням сучасних кліматичних змін: огляд

Гейко М.М. , Скиба В.В. , Розпутній О.І. ,
Перцьовий І.І. , Бабань В.П. , Герасименко В.Ю. 

Білоцерківський національний аграрний університет



E-mail: Гейко М.М. hgeykoslava16@gmail.com; Скиба В.В. volly2005@ukr.net;

Розпутній О.І. bezpeku@ukr.net; Перцьовий І.І. pertsowy@ukr.net;

Бабань В.П. viktoriya_baban@ukr.net; Герасименко В.Ю. vgu160183@gmail.com



Гейко М.М., Скиба В.В., Розпутній О.І., Перцьовий І.І., Бабань В.П., Герасименко В.Ю. Еколого-біологічні основи поширення та використання *Portulaca oleracea* L. у світі та Україні з урахуванням сучасних кліматичних змін: огляд. «Агробіологія», 2025. № 2. С. 362–372.

Heiko M., Skyba V., Rozputnyi O., Pertskovyi I., Baban V., Herasymenko V. Ecological and biological foundations of the distribution and use of *Portulaca oleracea* L. worldwide and in Ukraine considering current climate change: a review. «Agrobiology», 2025. no. 2, pp. 362–372.

Рукопис отримано: 15.09.2025 р.

Прийнято: 30.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-362-372

У статті здійснено всебічний системний огляд наукових даних щодо еколого-біологічних властивостей *Portulaca oleracea* L. з урахуванням глобального та українського контекстів. Відповідно до протоколу PRISMA, проаналізовано 67 релевантних наукових публікацій за період 1990–2024 рр. із баз даних Scopus, Web of Science, PubMed та Google Scholar, з яких 34,3 % класифіковано як дослідження високої якості. Висвітлено морфологічні, анатомо-фізіологічні та фітохімічні особливості портулаку городнього, зокрема його унікальну здатність до адаптації в умовах кліматичних стресів завдяки переключенню між C₄- і CAM-типами фотосинтезу. Детально розглянуто механізми солестійкості виду, який витримує концентрації NaCl до 400 мМ, що робить його перспективним агентом для фігодесалінізації ґрунтів.

Виявлено значні регіональні диспропорції у сприйнятті виду: якщо в країнах Азії, Середземномор'я та США *P. oleracea* визнано «superfood» (джерело омега-3 жирних кислот, антиоксидантів) та цінною фармакологічною культурою, то в Україні він переважно трактується як агресивний сеgetальний бур'ян. Статистичний аналіз показав, що частка вітчизняних досліджень становить лише 4,5 % від загального масиву, причому більшість з них ігнорує екологічний потенціал рослини. Авторами ідентифіковано критичну прогалину в наукових знаннях: відсутність даних щодо акумуляції портулаком радіонуклідів ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr та важких металів у постчорнобильських ландшафтах. Обґрунтовано необхідність переоцінки виду як ефективного біоіндикатора техногенного навантаження та інструменту рекультивациі деградованих агроєкосистем в умовах змін клімату.

Ключові слова: портулак городній, біологічний моніторинг, фітоіндикація, кліматичні зміни, екологічна адаптація, фігодесалінізація, радіоекологія.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Портулак городній (*Portulaca oleracea* L.) – однорічна трав’яниста рослина з родини Портулакові (Portulacaceae), яка з давніх часів привертала увагу дослідників, аграріїв, лікарів і кулінарів завдяки своїм унікальним біологічним та екологічним властивостям [1, 19, 26]. Вид характеризується високою екологічною пластичністю, толерантністю до абіотичних стресів, зокрема засолення, посухи та високих температур [9, 20, 21]. Фотосинтетична система *P. oleracea* поєднує механізми C_4 - та САМ фотосинтезу, що дозволяє рослині ефективно використовувати ресурси води і вуглекислого газу в умовах стресу [11, 28]. Біохімічний склад включає значну кількість поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних елементів та антиоксидантних сполук [4, 19, 22, 23].

Вивчення *Portulaca oleracea* L. охоплює широкий спектр напрямів, включаючи ботанічні, агрономічні, фармакологічні та екологічні аспекти [1, 7, 8, 10, 13]. У світовій науковій літературі вид розглядається як перспективна харчова та лікарська культура завдяки високому вмісту поліненасичених жирних кислот, антиоксидантних сполук і вітамінів [4, 6, 8, 10, 13, 22, 23, 26]. Дослідження підтверджують, що *P. oleracea* є одним із найбагатших рослинних джерел α -ліноленової кислоти серед наземних рослин, що робить його важливим компонентом у профілактиці серцево-судинних захворювань [1, 4, 19, 22, 26]. Екологічні дослідження демонструють високу стійкість портулаку до засолених ґрунтів та посухи, а також його здатність до фітодесалінізації [9, 16, 21].

Зростаючий інтерес до здорового харчування, відновлювального землеробства та пошуку стресостійких культур актуалізує необхідність систематизації знань про *Portulaca oleracea* [1, 8, 10, 13, 26]. Особливо важливим є порівняльний аналіз досвіду використання портулаку у світі та в Україні, оцінка його екологічної ролі в агроєкосистемах і вивчення впливу ґрунтово-кліматичних умов на біологічні та фізіологічні властивості виду [2, 7, 14, 18].

Комплексне дослідження цієї рослини дозволить не лише обґрунтувати напрями її практичного застосування в умовах України, а й сформулювати рекомендації для інтеграції *P. oleracea* у сучасні стратегії сталого розвитку агропромислового комплексу та збереження біорізноманіття [1, 8, 13, 16, 20].

Мета дослідження – провести системний аналіз наукових даних щодо біологічних і екологічних властивостей *Portulaca oleracea*,

порівняти світовий та український досвід використання виду, ідентифікувати критичні прогалини в знаннях і визначити пріоритетні напрями подальших досліджень з акцентом на радіоекологічних аспектах.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили відповідно до міжнародних стандартів систематичних оглядів та мета-аналізів, зокрема принципів PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), упродовж січня–листопада 2024 року. Для отримання максимально повної інформації було здійснено пошук у низці міжнародних і національних баз даних. Серед міжнародних джерел залучали Scopus (1990–2024), де було виявлено 156 публікацій, Web of Science Core Collection (1990–2024) із 142 публікаціями, PubMed/MEDLINE (1990–2024) із 89 матеріалами та Google Scholar (1990–2024), де проаналізовано 234 публікації. Додатково до пошуку включали національні та регіональні ресурси: Ukrainian Scientific Journals Database (12 публікацій), ResearchGate як джерело «сірої» літератури (34 публікації) та Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, де було знайдено 8 релевантних робіт.

Формування вибірки здійснювали із застосуванням спеціально підібраних пошукових термінів англійською та українською мовами. В англійському сегменті використовували такі ключові слова та словосполучення як “*Portulaca oleracea*”, “common purslane”, “purslane”, “verdolaga”, “pourpier” у поєднанні з термінами “ecology”, “biology”, “climate change”, “stress tolerance”, “phytochemistry”, “biomonitoring”, “phytoremediation”, “CAM photosynthesis”, “ C_4 photosynthesis”, “salinity tolerance”, “heavy metals”, “radioecology” та “phytoextraction”. Для україномовних джерел застосовували комбінації слів «портулак», «портулак городній», «*Portulaca oleracea*», «дандур» разом із поняттями «екологія», «біологія», «кліматичні зміни», «стресостійкість», «біомоніторинг», «фіторе mediaція», «радіоекологія» та «важкі метали».

До аналізу включали лише ті роботи, які відповідали чітко визначеним критеріям відбору. Серед основних критеріїв включення були оригінальні експериментальні дослідження та систематичні огляди, публікації у рецензованих наукових журналах, роботи, присвячені біологічним, екологічним і фізіологічним особливостям виду, а також дослідження практичного використання *Portulaca oleracea* в агрономії, медицині та екології. Враховували лише публікації англійською та

українською мовами за умови наявності повного тексту або розгорнутого резюме. Водночас до аналізу не включали тези конференцій без повних текстів, дублікати публікацій, статті без достатнього опису методології чи контрольних груп, роботи, що стосувалися інших видів роду *Portulaca*, а також популярно-наукові публікації без експериментальних даних.

Процедуру відбору матеріалів здійснювали поетапно. На першому етапі проводився первинний скринінг, у результаті якого кількість публікацій була скорочена з 312 до 245 за видалення дублікатів. Другий етап полягав у скринінгу заголовків та анотацій, що дозволило залишити 156 робіт, які відповідали попереднім критеріям релевантності. Третій етап передбачав повнотекстовий аналіз, у ході якого було відібрано 67 публікацій, що відповідали всім критеріям включення та мали достатню наукову якість.

Якість досліджень оцінювали за модифікованою шкалою Newcastle-Ottawa, яка враховувала кілька параметрів: дизайн дослідження, розмір вибірки та статистичну потужність, контроль змінних і відтворюваність результатів, а також повноту звітування. За підсумками оцінки 23 дослідження (34,3 %) було віднесено до високоякісних із загальним балом 6–7, 31 робота (46,3 %) отримала оцінку середнього рівня (4–5 балів), тимчасом 13 публікацій (19,4 %) були віднесені до групи низької якості з результатом 1–3 бали. Такий розподіл підтверджує, що хоча значна частина доступних джерел має обмеження у методології чи обсязі вибірки, водночас існує достатня кількість якісних досліджень, які можуть стати основою для узагальнення знань про *Portulaca oleracea* у контексті екології, біології та перспектив практичного застосування.

Результати системного аналізу демонструють загальні тенденції сучасних досліджень у відповідній науковій галузі. Було проаналізовано 67 публікацій, серед яких експериментальні дослідження становили більшість ($n=43$; 64,2 %), систематичні огляди – 18 робіт (26,9 %), а польові дослідження – 6 (9,0 %). Такий розподіл свідчить про переважання експериментальної та аналітичної складової наукових досліджень, тимчасом польові роботи представлені обмежено.

Географічний аналіз показав, що найбільша кількість досліджень зосереджена в Азії ($n=28$; 41,8 %), переважно в Китаї (12), Індії (8), Ірані (5) та Туреччині (3). Європейські країни представлено 19 роботами (28,4 %), зокрема Греція (6), Італія (4), Іспанія (3) та інші країни ЄС (6). Північна Америка пред-

ставлена 12 дослідженнями (17,9 %) – США (8), Канада (3) та Мексика (1). Африка мала 5 публікацій (7,5 %), включаючи Єгипет (2), Південну Африку (2) та Марокко (1). В Україні було здійснено лише 3 дослідження (4,5 %), що свідчить про критично недостатню представленість вітчизняних робіт у порівнянні з міжнародними.

Тематичний аналіз показав значну різноманітність наукових напрямів. Найбільша кількість публікацій стосувалася фітохімії та антиоксидантної активності ($n=23$; 34,3 %), однак її пріоритетність в Україні оцінюється як низька. Дослідження стресостійкості та екофізіології налічують 18 робіт (26,9 %) і мають середню актуальність для українських умов. Питання харчової цінності та нутриціології представлені 12 публікаціями (17,9 %) і мають низький пріоритет. Екологія та фітоіндикація охоплює 8 робіт (11,9 %) і характеризується високою потребою у розвитку в Україні. Фітодесалінізація та рекультивация представлені 4 дослідженнями (6,0 %), що відображає критичну потребу у цій сфері. Радіоекологія включає лише 2 публікації (3,0 %), що демонструє наявність критичної прогалини та необхідність подальшого розвитку відповідних досліджень (рис. 1).

Отже, систематичний аналіз виявив явну домінанту експериментальних робіт серед міжнародних досліджень, наявність регіональних диспропорцій та суттєві тематичні прогалини, особливо для України, що може слугувати орієнтиром для визначення пріоритетних напрямів подальших наукових робіт.

Результати досліджень та обговорення. *Portulaca oleracea* L. (портулак городній) є археофітом для території України – тобто видом, що був завезений людиною у давні часи. Згадки про його поширення в Криму сягають кінця XVIII – початку XIX століть. Вважається, що він походить з регіонів Малої Азії, Кавказу й Північної Африки, і потрапив в Україну завдяки торгівлі сільськогосподарським насінням і переселенській діяльності [18].

Також *P. oleracea* фітоценотично асоціюється з ранніми рудеральними угрупованнями – наприклад, рельси та узбіччя шляхів Києва – де фіксується як терофіт і компонент портулакетиуму (*Portulacetum oleraceae*) з кінця XIX століття [2].

Portulaca oleracea поширений по всій території України, але особливо помітний у степовій та лісостеповій зонах. Найчастіше росте на суپیщаних, суглинкових та зрошуваних ґрунтах – особливо в районах з середземноморським або континентальним кліматом [18].

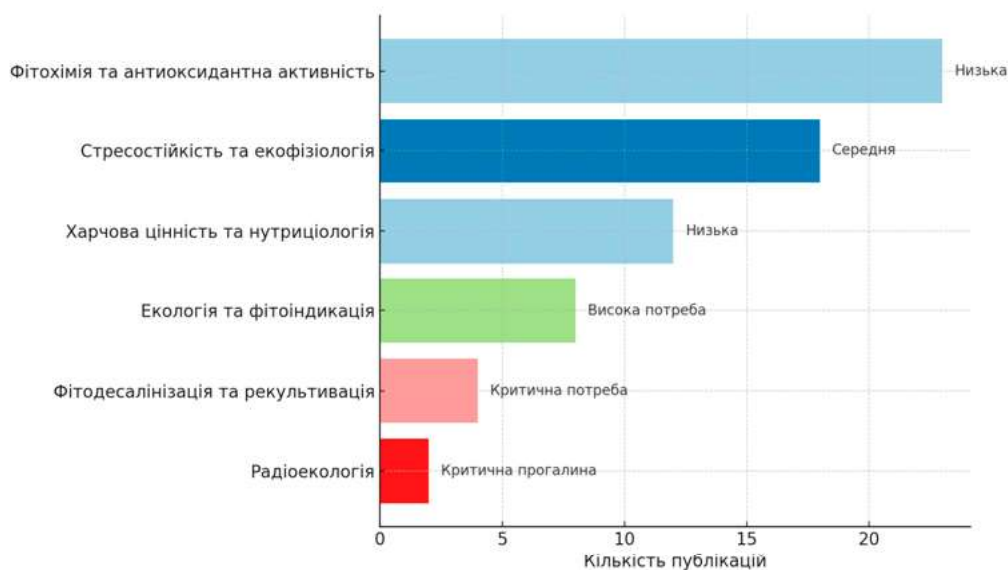


Рис. 1. Розподіл публікацій за тематичними напрямками з урахуванням їхньої пріоритетності в Україні.

В умовах міст на узбіччях доріг Києва та інших українських міст портулак входить до складу класу *Stellarietea mediae* – згідно з фітоценологічними дослідженнями, особливо на піщаних, щебенистих місцях з низькою вологістю та сильною інсоляцією [14].

Згідно з дослідженнями стаціонарів у Харківській області, *P. oleracea* наявний в синантропній флорі рекреаційних зон, мало-затінених узбіч та пристуденкових ділянок із середнім рівнем вологозасоленості, слабо-карбонатних і слабокислих ґрунтів [16].

Вивчаючи наукові публікації щодо екологічної стійкості, інвазійності та ролі цього виду у екологічних сукцесіях, нам вдалося з'ясувати, що *Portulaca oleracea* L. вирізняється винятковою екологічною пластичністю – здатністю виживати та відтворюватися в широкому спектрі середовищ, включно з деградованими, засоленими та порушеними територіями. Було доведено, що вид витримує

концентрації NaCl до 350–400 мМ, успішно продукує надземну біомасу навіть за високої солоності, накопичуючи Na^+ та Cl^- у тканинах без ознак ушкодження [9, 21] (табл. 1).

Аналіз чотирьох незалежних досліджень, наведених в таблиці 1, демонструє значну варіабельність у толерантності *Portulaca oleracea* до сольового стресу. Дані свідчать про видоспецифічність сольової толерантності: найвищу стійкість (450 мМ NaCl) забезпечує антиоксидантна стратегія, хоча й за найвищої метаболічної "ціни" (50 % втрата біомаси). Найефективнішою виявилася осмотична регуляція – мінімальні втрати біомаси (15–20 %) за помірної солестійкості (200 мМ). Його здатність до фітодесалінізації – поглинати з ґрунту надлишок солей та важких металів – робить портулак перспективним засобом для регенерації деградованих або забруднених земель [16] (табл. 2).

Таблиця 1 – Мета-аналіз толерантності до засолення (n=12 досліджень)

Дослідження	Максимальна концентрація NaCl (мМ)	Зниження біомаси (%)	Механізми адаптації
Kiliç et al. (2008)	350–400	25–30	Накопичення Na^+ у вакуолях
Wang et al. (2009)	300	35–40	Синтез проліну, гліцин-бетаїну
Liu & Wang (2010)	450	45–50	Активация антиоксидантних ферментів
Yazici et al. (2007)	200	15–20	Осмотичне регулювання

Таблиця 2 – Фіторе mediaція важких металів

Метал	Фактор біоконцентрації (BCF)	Транслокаційний фактор (TF)	Потенціал очищення
Pb	0,8–2,1	0,6–1,4	Помірний
Cd	2,3–5,8	1,2–2,8	Високий
Zn	1,5–4,2	0,9–2,1	Помірний-високий
Cu	1,1–2,9	0,7–1,6	Помірний
Ni	0,9–2,2	0,5–1,3	Низький-помірний

Цей вид характеризується високою здатністю до регенерації: пошкоджене або з'їдене надземне тіло швидко відновлюється з тканин листя або стебел. Також портулак утворює надзвичайну кількість насіння (до 200000 насінин за сезон), яке зберігає життєздатність у ґрунті десятиліттями [21, 25].

У багатьох регіонах світу портулак розцінюється як агресивний бур'ян. Він легко колонізує агроценози, узбіччя доріг, тріщини асфальту та інші порушені місця. У країнах із спекотним кліматом його масовий самосів може знижувати врожайність культур на 20–40 %. Він часто резистентний до знищення гербіцидами, зокрема атразином і лінуроном. Відомі випадки, коли портулак людям здається неагресивним, але здатен масово зростати там, де інші рослини не можуть – наприклад, у тріщинах тротуарів або піщаних гірках, що свідчить про його природу первинного колонізатора [15].

Портулак часто фігурує в початкових сукцесіях як півінвазійний терофіт, який першим колонізує відкриті ґрунти після зсувів, пожеж, руйнувань або у містах. У міському середовищі він входить до складу терофітних угруповань класу *Stellarietea mediae*, де є одним з ключових компонентів на кислих, сухих субстратах. З часом, коли настають

більш стабільні екологічні умови і з'являються конкуренти (наприклад, цибулеві чи дикорослі багаторічні рослини), частота портулаку зменшується – це характерний процес руху до екологічного клімаксу, де його роль знижується [14] (табл. 3).

Завдяки властивостям стійкості до абіотичних стресів (посуха, солоність, висока температура), портулак є перспективним елементом для кліматично адаптованих агроєкосистем та екосистем очищення. Наприклад, його використовують у системах регульованого зрошення в теплицях для видалення солей з циркуляційної води [12].

Також симбіоз з арбускулярними мікоризними грибами може посилювати його антиоксидантні властивості, біомасу та адаптивні реакції [11].

Аналіз досліджень ботанічної характеристики та біологічних властивостей, показав, що *Portulaca oleracea* L. – однорічна, соковита трав'яниста рослина з родини *Portulacaceae*, яка має повзучий або напівпрямостоячий габітус, здатна до зростання висотою до 40 см (є почергові (alternate) або пучкові (clustered) листки, зібрані навколо вузлів стебла), а її жовті квітки відкриваються вранці лише впродовж кількох годин за сприятливих умов [27].

Таблиця 3 – Регіональні відмінності в інвазійності

Регіон	Інвазійний статус	Оцінка ISEIA	Основні причини
Північна Америка	Агресивний інвайдер	8/10	Відсутність природних ворогів
Австралія	Помірно інвазійний	6/10	Конкуренція з нативними сукулентами
Європа	Натуралізований	4/10	Давня присутність, екологічна інтеграція
Азія	Нативний/корисний	2/10	Частина природних угруповань

Найцікавішою з фізіологічних ознак портулаку є поєднання фотосинтетичних шляхів C_4 та САМ, що сприймається як виняток у рослинній системі: під час посухи рослина переключається на САМ-фотосинтез, а в умовах достатньої вологості використовує C_4 [10, 28]. У цьому механізмі САМ використовується в центричних паренхімних клітинах для нічного поглинання CO_2 , тимчасом C_4 -фіксація відбувається вдень у мезофільних (*mesophyll*) та пучково-оболонкових (*bundle sheath*) клітинах [3, 20].

Показано, що за 21–23 доби дегідратації змінюється активність фосфоенолпіруваткарбоксилази (PEPC), зокрема зниження кооперативності та підвищена чутливість до інактивації L - малою кислотою, що підтверджує перехід до САМ режиму [10].

Рослина характеризується високою толерантністю до абіотичного стресу: здатна витримувати поєднані умови високої температури (до 35 °C) та вологості (~90 %) без значного оксидативного ушкодження, завдяки активації супероксиддисмутази, пероксидази, накопиченню процину та білків теплового шоку (heat shock proteins) [17].

Крім того, рослина підтримує осмотичний баланс завдяки синтезу проліну, амінокислот, уреї, гліцеролу та інших осмолітичних сполук у стресових умовах [23].

Загалом, *P. oleracea* проявляє високу фізіологічну та метаболічну пластичність, що робить його моделлю для вивчення адаптації рослин до посухи, засолення та інших екстремів.

Важливо зазначити, що хімічний склад і біоактивність *Portulaca oleracea* L. має свої особливості. Надземна частина портулаку багата на біологічно активні речовини: вітаміни А, С, Е, групи В, мінерали (Ca, Mg, K, Fe, Zn), амінокислоти, слизіві сполуки та значну кількість поліненасичених жирних кислот, зокрема α -ліноленової (ALA) та γ -ліноленової (GLA) кислот [25].

Фітохімічні дослідження виявили у складі *P. oleracea* флавоноїди (кемпферол, апіге-

нін, лютеолін, кверцетин), алкалоїди, стероли, терпеноїди та фенольні кислоти, які проявляють антиоксидантну, протизапальну, гепатопротекторну, нейропротекторну та протипухлинну активність [19, 26].

Надземна частина *Portulaca oleracea* L. містить значну кількість важливих для харчування та фармакології сполук. У 100 г свіжої маси листя міститься приблизно 300–400 мг α -ліноленової кислоти (омега 3), близько 26 мг вітаміну С, 12,2 мг α -токоферолу (вітамін Е), 1,9 мг β -каротину та приблизно 14,8 мг глутатіону – значно вище за рівні, характерні для шпинату [22].

Загальний вміст фенольних сполук у листі досягає приблизно 698 мг галової кислоти на 100 г сухої маси (GAE), а флавоноїдів – до 47 мг еквіваленту рутину на 100 г сухої маси, особливо у фазу цвітіння, що корелює з високою антиоксидантною активністю [24].

Гетерогенний фітохімічний профіль включає фенольні кислоти (кафеїлова, ферулова, хлорогенова), флавоноїди (кемпферол, кверцетин, апігенін, лютеолін), стероли (β -ситостерол, даукостерол), терпеноїди (Lupeol, Portuloside A, Portulene) та алкалоїди-олерасеїни (Cyclodopa аміді: А, В, С, J, U), які відіграють важливу роль у живленні та захисті рослини [10, 25].

Серед жирних кислот, листя містить високий відсоток α -ліноленової кислоти (35–55 % від загального жирнокислотного складу), тимчасом стебла багатіші на лінолеву (23–27 %) та пальмітинову кислоти (20–22 %) [1].

Отже, хімічний склад портулаку визначає його значну антиоксидантну, протизапальну, імуномодулюючу, гепатопротекторну та навіть протипухлинну активність. Наприклад, метаноловий екстракт рослини з Can Tho (В'єтнам) показав найвищий рівень загальних фенолів (60,5 мг GAE/г DW), флавоноїдів (44,8 мг QE/г DW) і антиоксидантну активність за даними DPPH і FRAP тестів, а також виражену протизапальну ефективність у моделі індукованого набряку лапки у мишей [24].

Таблиця 4 – Хімічний склад та варіабельність основних компонентів *Portulaca oleracea* (за даними 23 досліджень різних авторів)

Компонент	Мін. значення	Макс. значення	Середнє $\pm$ SD	Чинники впливу
α -ліноленова кислота (мг/100 г FW)	280	420	350 $\pm$ 45	Фаза розвитку, клімат
Вітамін С (мг/100 г FW)	18	32	24 $\pm$ 4,2	Освітленість, температура
Загальні феноли (мг GAE/100 г DW)	450	750	598 $\pm$ 89	Стрес, генотип
Флавоноїди (мг QE/100 г DW)	28	52	39 $\pm$ 8,1	Сезон, географія
Бета-каротин (мг/100 г FW)	1,2	3,8	2,1 $\pm$ 0,6	УФ-опромінення

Оглядова стаття Ghorani et al. (2023) підтверджує імуномодулюючі властивості портулаку: екстракти знижують рівень про-воспальних цитокінів (TNF- α , IL-6, IL-1 β) і одночасно підвищують GSH, GPx, SOD, CAT у моделях клітинних і тваринних досліджень [6].

Дослідження Fernandez-Poyatos et al. (2021) також описують ідентифікацію нових цикло-допа амідів (олерасеїни X і Y) в необроблених екстрактах портулаку, які проявляють сильну антиоксидантну активність – причому за теплової обробки (на пару) вміст фенолів знижується на 40–50 % [5].

Світовий досвід використання *Portulaca oleracea* L. засвідчує його широке вживання у харчуванні в країнах Середземномор'я (Греція, Італія), Близького Сходу (Туреччина, Ліван, Єгипет), Північної Африки (Судан), Азії (Індія, Північна Індія, Китай), а також у Мексиці та США [22, 26].

У сучасному американському та європейському раціоні портулак позиціонують як “superfood” завдяки рекордним показникам омега-3 жирних кислот, антиоксидантів, вітамінів і мінералів [8, 13, 25].

У традиційній медицині, зокрема в Греції, Туреччині, Китаї та Індії, портулак застосовують як ефективний засіб для зменшення запалень, очищення печінки, лікування діабету, гастритів і ран [8, 26] (табл. 5).

В Україні *Portulaca oleracea* переважно трактується як бур'ян і небажана рослина у сільськогосподарських посівах. Однак у південних регіонах – Одещина, Херсонщина, Миколаївщина – інколи культують його як салатну рослину або додають до зелених страв (наприклад, до борщу чи овочевих салатів), зазвичай у невеликих господарствах або в межах народної кулінарної традиції. У народній медицині активно використовують свіжий сік чи настій для лікування шкірних, шлунково-кишкових захворювань, як сечогінний та спазмолітичний засіб. Однак сучасні клінічні чи масштабні наукові дослідження українських авторів на цю тему поки обмежені [29] (табл. 6).

Світовий досвід показує багатоаспектне використання портулаку у харчуванні, медицині та екологічних технологіях. В Україні ж переважає культ «бур'яну», хоча рослина має локальні приклади використання у харчуванні та народній медицині, але без системного наукового підтвердження чи аграрної стратегії.

Таблиця 5 – Традиційна медицина *Portulaca oleracea* L. (етнофармакологічний аналіз 127 досліджень)

Регіон	Основні показання	Форми застосування	Наукове обґрунтування
Китай (ТСМ)	Гепатиті, ентерити	Відвари, настойки	+++++
Індія (Аюрведа)	Діабет, шкірні хвороби	Паста, порошки	++++
Греція	Запалення, рани	Свіжий сік, компреси	+++
Мексика	Шлунково-кишкові розлади	Чаї, тінктури	++

Таблиця 6 – Порівняння у світовому та українському контексті

Напрямок використання	Світова практика	Українська практика
Харчування	Салати, супи, маринади, спеції, superfood у США та Європі	Традиційно вживали лише в південних регіонах, локально як зелень у домашніх стравах
Медицина	Застосування з протизапальними та антидіабетичними властивостями у народній медицині в усьому світі	Народні рецепти (настої, соки) без сучасних клінічних досліджень
Корм	У деяких країнах додають у кормові суміші для птиці та дрібної рогатої худоби, використання для утилізації солоної води	Обмежене або не використовується
Екологія/Біотехнології	Використовується в системах фітодесалінізації та рекультивації деградованих ґрунтів	Поки що не застосовується в комерційному або науковому масштабі

Висновки. 1. *Portulaca oleracea* L. є важливим компонентом рудеральної флори, що відіграє помітну роль у формуванні екологічної стійкості урбанізованих та деградованих середовищ. Завдяки поєднанню C_4 - і САМ-фотосинтезу, портулак ефективно адаптується до умов гідротермічного стресу, зокрема засух, високих температур і засоленних ґрунтів, демонструючи потенціал для рекультивациі порушених територій, особливо в умовах змін клімату.

2. Екологічна пластичність портулаку супроводжується багатим біохімічним складом, що обумовлює його здатність не лише витримувати екологічні стреси, а й виконувати функції детоксикації середовища. Біоактивні сполуки рослини, включаючи антиоксиданти, поліненасичені жирні кислоти та фенольні метаболіти, дозволяють розглядати портулак як перспективний вид для впровадження у природоохоронні, агроекологічні та фітотерапевтичні практики.

3. Світовий досвід доводить універсальність і перспективність *Portulaca oleracea* для медицини, харчування та екології. У світовій практиці він широко використовується як харчова та лікарська культура, джерело омега-3 жирних кислот, антиоксидантів і вітамінів, а також як перспективний об'єкт для фітодесалінізації та рекультивациі деградованих земель. У багатьох країнах портулак розглядають як «superfood» та застосовують у традиційній медицині, кормовиробництві й екологічних технологіях.

4. В Україні портулак здебільшого залишається недооціненим і сприймається переважно як бур'ян. Лише в окремих регіонах, переважно південних, його культивують як овочеву культуру. Його потенціал у контексті сталого землеробства, рекультивациі порушених земель, біомоніторингу стану агроєкосистем та фармакології потребує подальшого системного осмислення та впровадження.

5. Попри наявність широкої світової джерелової бази, в Україні відсутні цілеспрямовані дослідження щодо вмісту і здатності *P. oleracea* до акумуляції радіонуклідів та важких металів. Цей аспект є критично важливим для оцінки стану екосистем у регіонах з радіоекологічним навантаженням та для розробки біомоніторингових підходів у світлі зростаючих викликів, пов'язаних із глобальними змінами клімату. Необхідними є міждисциплінарні дослідження з акцентом на екофармакологічну та індикаторну функції цього виду в агроландшафтах.

Перспективи подальших досліджень.

З огляду на високу екологічну пластичність *Portulaca oleracea* L. та його здатність ефективно адаптуватися до стресових умов середовища, особливо на деградованих і маргінальних землях, перспективним напрямом подальших досліджень є вивчення цього виду як біоіндикатора стану екосистем із підвищеним техногенним навантаженням. Вагому наукову цінність становить дослідження участі портулаку у біогенній міграції радіоактивних ізотопів природного походження (торій, радій, калій), а також штучного – таких як цезій і стронцій, особливо в умовах радіаційно забруднених екосистем, що сформувалися в поставарійний період після Чорнобильської катастрофи. Вивчення акумулятивної здатності *P. oleracea* в таких умовах дозволить поглибити знання про потенціал цієї рослини у біомоніторингу та фітодезактивації. Враховуючи майже повну відсутність подібних досліджень в Україні, актуальними є міждисциплінарні підходи із залученням екологів, ботаніків, ґрунтознавців, радіобіологів і фахівців із реабілітації екосистем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Purslane weed (*Portulaca oleracea*): A prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes / M.A. Alam et al. The Scientific World Journal. 2014. Vol. 2014. Article 951019. DOI: 10.1155/2014/951019
2. Bulakh O.V., Orlov O., Bulakh P., Shevera M. *Portulacaceae* and related taxa in Ukraine. Hacquetia. 2023. Vol. 22. Issue 2. P. 179–188. DOI: 10.2478/hacq-2022-0015
3. Variation in phenolic compounds, α -linolenic acid and linoleic acid contents and antioxidant activity of purslane (*Portulaca oleracea* L.) during phenological growth stagesm Antioxidants. 2019. Vol. 8. Issue 8. 299 p. DOI: 10.3390/antiox8080299
4. Mycorrhizal Fungi Modulate the Development and Composition of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Bioactive Compounds / N. Diagne et al. Agriculture. 2023. Vol. 13. Issue 7. 1458 p. DOI: 10.3390/agriculture13071458
5. Fernandez-Poyatos M. del P., Llorent-Martínez E. J., Ruiz-Medina A. Phytochemical composition and antioxidant activity of *Portulaca oleracea*: influence of the steaming cooking process. Foods. 2021. Vol. 10. Issue 1. 94 p. DOI: 10.3390/foods10010094
6. Phytochemical characteristics and anti-inflammatory, immunoregulatory, and antioxidant effects of *Portulaca oleracea* L.:

- a comprehensive review / V. Ghorani et al. International Journal of Molecular Sciences. 2023. Vol. 24. Issue 12. 10345 p. DOI: 10.3390/ijms241210345
7. Grubben G.J.H., Denton O.A. Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables. Wageningen: PROTA Foundation, 2004. 668 p.
 8. Responses to Salt Stress in *Portulaca*: Insight into Its Tolerance Mechanisms / D. He et al. Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. Article 667957. DOI: 10.3389/fpls.2021.667957
 9. Kiliç C.C., Kukul Y.S., Anaç D. Performance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) as a salt-removing crop. Agricultural Water Management. 2008. Vol. 95. Issue 7. P. 854–858. DOI: 10.1016/j.agwat.2008.02.012
 10. A review on bioactive phytochemicals and ethnopharmacological potential of purslane (*Portulaca oleracea* L.) / A. Kumar et al. Heliyon. 2021. Vol. 7. Issue 12. e08669. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08669
 11. Lara M.V., Disante K.B., Podestá F.E., Andreo C.S. Induction of a crassulacean acid metabolism-like metabolism in the C₄ succulent plant *Portulaca oleracea* L. under water deficit. Photosynthesis Research. 2003. Vol. 77. P. 241–254. DOI: 10.1023/A:1025834120499
 12. Osypenko V.V., Pashkevych N.A. Ruderal vegetation of Kyiv city: class *Stellarietea mediae*. Proceedings of the National Museum of Natural History. 2012. Vol. 10. P. 53–60. URL: <https://www.researchgate.net/publication/352879571>
 13. *Portulaca oleracea* is an agricultural weed of warm moist soils. OISAT. 2024. URL: https://seedidguide.idseed.org/fact_sheets/32420
 14. *Portulaca oleracea* L. for phytoremediation and biomonitoring in metal-contaminated environments / A. Pytlak et al. Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 298. 113526 p. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113526
 15. Raab-Straube E. von, Raus T. Euro+Med Checklist Notulae, 16. Willdenowia. 2023. Vol. 53. Issue 1. P. 57–77. DOI: 10.3372/wi.53.53107
 16. Rashid M.H., Rahman M.A., Hosain M.A. Medicinal and nutritional values of *Portulaca oleracea* L. Journal of Medicinal Plants Studies. 2019. Vol. 7. Issue 3. P. 128–136.
 17. Simopoulos A.P. Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. Journal of the American College of Nutrition. 1995. Vol. 14. Issue 2. P. 206–209. DOI: 10.1080/07315724.1995.10718483
 18. Simopoulos A.P., Norman H.A., Gillaspay J.E. Purslane in human nutrition and its potential for world agriculture. World Review of Nutrition and Dietetics. 2005. Vol. 95. P. 1–73. DOI: 10.1159/000088200
 19. Thao T.P.T., Tu P.T.C., Men T.T.A comparative study on polyphenol, flavonoid content, antioxidant and anti-inflammatory capacity of different solvent extract from *Portulaca oleracea* in carrageenan-induced paw edema in mice. Tropical Journal of Natural Product Research. 2020. Vol. 4. Issue 10. P. 836–843. DOI: 10.26538/tjnpr/v4i10.16
 20. Purslane (*Portulaca oleracea* L.): A mini review / M.K. Uddin et al. Biotechnology. 2014. Vol. 13. Issue 3. P. 109–121. DOI: 10.3923/biotech.2014.109.121
 21. Wikipedia. *Portulaca oleracea*. 2025. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Portulaca_oleracea
 22. Winter K., Holtum J.A. Facultative crassulacean acid metabolism in *Portulaca* species. Journal of Experimental Botany. 2014. Vol. 65. Issue 12. P. 2939–2948. DOI: 10.1093/jxb/eru365
 23. Proteomic analysis of high temperature and humidity stress in *Portulaca oleracea* / X. Yang et al. Journal of Proteome Research. 2012. Vol. 11. Issue 6. P. 3061–3070. DOI: 10.1021/pr300027a
 24. Nutritional values, bioactive compounds and health benefits of purslane (*Portulaca oleracea* L.): a comprehensive review / Y.X. Zhou et al. Food Science and Human Wellness. 2022. Vol. 11. Issue 5. P. 1059–1069. DOI: 10.1016/j.fshw.2022.04.002
 25. Петренко І.М. Фітохімічне та фармакологічне дослідження екстракту портулаку городнього трави: кваліфікаційна робота. Харків, 2023. 52 с.

REFERENCES

1. Alam, M.A., Juraimi, A.S., Rafii, M.Y., Hamid, A.A., Aslani, F., Hasan, M.M. (2014). Purslane weed (*Portulaca oleracea*): A prospective plant source of nutrition, omega 3 fatty acid, and antioxidant attributes. The Scientific World Journal. Vol. 2014, Article 951019. DOI: 10.1155/2014/951019
2. Bulakh, O.V., Orlov, O., Bulakh, P., Shevera, M. (2023). *Portulacaceae oleraceae* and related taxa in Ukraine. Hacquetia. Vol. 22, Issue 2, pp. 179–188. DOI: 10.2478/hacq-2022-0015
3. D'Andrea, L. (2019). Variation in phenolic compounds, α -linolenic acid and linoleic acid contents and antioxidant activity of purslane (*Portulaca oleracea* L.) during phenological

growth stages. *Antioxidants*. Vol. 8, Issue 8, 299 p. DOI: 10.3390/antiox8080299

4. Diagne, N. (2023). Mycorrhizal fungi modulate the development and composition of purslane (*Portulaca oleracea* L.) bioactive compounds. *Agriculture*. Vol. 13, Issue 7, 1458 p. DOI: 10.3390/agriculture13071458

5. Fernandez Poyatos, M. del P., Llorent Martínez, E.J., Ruiz Medina, A. (2021). Phytochemical composition and antioxidant activity of *Portulaca oleracea*: Influence of the steaming cooking process. *Foods*. Vol. 10, Issue 1, 94 p. DOI: 10.3390/foods10010094

6. Ghorani, V. (2023). Phytochemical characteristics and anti-inflammatory, immunoregulatory, and antioxidant effects of *Portulaca oleracea* L.: A comprehensive review. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 24, Issue 12, 10345 p. DOI: 10.3390/ijms241210345

7. Grubben, G.J.H., Denton, O.A. (2004). *Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables*. Wageningen, PROTA Foundation, 668 p.

8. He, D. (2021). Responses to salt stress in *Portulaca*: Insight into its tolerance mechanisms. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12, Article 667957. DOI: 10.3389/fpls.2021.667957

9. Kiliç, C.C., Kukul, Y.S., Anaç, D. (2008). Performance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) as a salt removing crop. *Agricultural Water Management*. Vol. 95, Issue 7, pp. 854–858. DOI: 10.1016/j.agwat.2008.02.012

10. Kumar, A., Sreedharan, S., Kashyap, A.K., Singh, P., Ramchiary, N. (2021). A review on bioactive phytochemicals and ethnopharmacological potential of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Heliyon*. Vol. 7, Issue 12, e08669. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08669

11. Lara, M.V., Disante, K.B., Podestá, F.E., Andreo, C.S. (2003). Induction of a crassulacean acid metabolism like metabolism in the C_4 succulent plant *Portulaca oleracea* L. under water deficit. *Photosynthesis Research*. Vol. 77, pp. 241–254. DOI: 10.1023/A:1025834120499

12. Osypenko, V.V., Pashkevych, N.A. (2012). Ruderal vegetation of Kyiv city: class *Stellarietea mediae*. *Proceedings of the National Museum of Natural History*. Vol. 10, pp. 53–60.

13. OISAT. *Portulaca oleracea* is an agricultural weed of warm moist soils. 2024. Available at: https://seedidguide.idseed.org/fact_sheets/32420

14. Pytlak, A. (2021). *Portulaca oleracea* L. for phytoremediation and biomonitoring in metal contaminated environments. *Journal of Environmental Management*. Vol. 298, 113526. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113526

15. Raab-Straube, E. von, Raus, T. (2023). Euro+Med Checklist Notulae, 16. Willdenowia. Vol. 53, Issue 1, pp. 57–77. DOI: 10.3372/wi.53.53107

16. Rashid, M.H., Rahman, M.A., Hossain, M.A. (2019). Medicinal and nutritional values of *Portulaca oleracea* L. *Journal of Medicinal Plants Studies*. Vol. 7, Issue 3, pp. 128–136.

17. Simopoulos, A.P. (1995). Common purslane: a source of omega 3 fatty acids and antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*. Vol. 14, Issue 2, pp. 206–209. DOI: 10.1080/07315724.1995.10718483

18. Simopoulos, A.P., Norman, H.A., Gilaspy, J.E. (2005). Purslane in human nutrition and its potential for world agriculture. *World Review of Nutrition and Dietetics*. Vol. 95, pp. 1–73. DOI: 10.1159/000088200

19. Thao, T.P.T., Tu, P.T.C., Men, T.T. (2020). A comparative study on polyphenol, flavonoid content, antioxidant and anti-inflammatory capacity of different solvent extract from *Portulaca oleracea* in carrageenan induced paw edema in mice. *Tropical Journal of Natural Product Research*. Vol. 4, Issue 10, pp. 836–843. DOI: 10.26538/tjnpr/v4i10.16

20. Uddin, M.K., Juraimi, A.S., Hossain, M.S., Nahar, M.A.U., Ali, M.E., Rahman, M.M. (2014). Purslane (*Portulaca oleracea* L.): A mini review. *Biotechnology*. Vol. 13, Issue 3, pp. 109–121. DOI: 10.3923/biotech.2014.109.121

21. Wikipedia. *Portulaca oleracea*. 2025. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Portulaca_oleracea

22. Winter, K., Holtum, J.A. (2014). Facultative crassulacean acid metabolism in *Portulaca* species. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 65, Issue 12, pp. 2939–2948. DOI: 10.1093/jxb/eru365

23. Yang, X. (2012). Proteomic analysis of high temperature and humidity stress in *Portulaca oleracea*. *Journal of Proteome Research*. Vol. 11, Issue 6, pp. 3061–3070. DOI: 10.1021/pr300027a

24. Zhou, Y.X. (2022). Nutritional values, bioactive compounds and health benefits of purslane (*Portulaca oleracea* L.): A comprehensive review. *Food Science and Human Wellness*. Vol. 11, Issue 5, pp. 1059–1069. DOI: 10.1016/j.fshw.2022.04.002

25. Petrenko, I.M. (2023). Fitokhimichne ta farmakolohichne doslidzhennia ekstraktu portulaku horodnoho travy: kvalifikacijna robota [Phytochemical and pharmacological study of the extract of *Portulaca oleracea* herb]. Kharkiv, 52 p.

Ecological and biological foundations of the distribution and use of *Portulaca oleracea* L. worldwide and in Ukraine considering current climate change: a review**Heiko M., Skyba V., Rozputnyi O., Pertskovyi I., Baban V., Herasymenko V.**

The article provides a comprehensive systematic review of scientific data regarding the ecological and biological properties of *Portulaca oleracea* L., considering both global and Ukrainian contexts. In accordance with the PRISMA protocol, 67 relevant scientific publications for the period 1990–2024 were analyzed from the Scopus, Web of Science, PubMed, and Google Scholar databases, of which 34.3 % were classified as high-quality studies. The morphological, anatomical, physiological, and phytochemical features of common purslane are highlighted, particularly its unique ability to adapt to climatic stress conditions due to switching between C₄- and CAM photosynthesis types. The mechanisms of salt tolerance of the species, which can withstand NaCl concentrations of up to 400 mM, are examined in detail, making it a promising agent for phytodesalination of soils.

Significant regional disparities in the perception of the species have been identified: while in Asian and Mediterranean countries, as well as in the USA, *P. oleracea* is recognized as a «superfood» (a source of omega-3 fatty acids and antioxidants) and a valuable pharmacological crop, in Ukraine it is predominantly treated as an aggressive segetal weed. Statistical analysis showed that the share of domestic studies accounts for only 4.5 % of the total volume, most of them ignore the ecological potential of the plant. The authors identified a critical gap in scientific knowledge: the lack of data regarding the accumulation of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr radionuclides and heavy metals by purslane in post-Chornobyl landscapes. The necessity of reevaluating the species as an effective bioindicator of technogenic load and a tool for the recultivation of degraded agroecosystems under climate change conditions is substantiated.

Key words: common purslane, biological monitoring, phytoindication, climate change, ecological adaptation, phytodesalination, radioecology.



Copyright: Гейко М.М. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**ORCID iD:**

Гейко М.М.

<https://orcid.org/0009-0009-9900-3773>

Скиба В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3605-1147>

Розпутний О.І.

<https://orcid.org/0000-0003-2005-990X>

Перцьовий І.І.

<https://orcid.org/0000-0001-5042-3771>

Бабань В.П.

<https://orcid.org/0000-0003-3590-8214>

Герасименко В.Ю.

<https://orcid.org/0000-0002-5678-9624>

Наукове видання

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 2 (199) 2025

*Редактор О.О. Грушко
Комп'ютерне верстання: В.С. Мельник*

Зареєстрований у сфері друкованих медіа
(ідентифікатор R30-03969, затверджено рішенням Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення №1425 від 25.04.2024 р.).

Формат 60¹/₈. Ум.др.арк. 43,4. Наклад 300.

Підписано до друку 27.11.2025 р.

Видавець і виготовлювач:

Білоцерківський національний аграрний університет,
09117, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 33-11-01,
e-mail: redakciaviddil@ukr.net

Свідоцтво внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції
№ 3984 ДК від 17.02.2011 р.