

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (195) 2025

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

А 26

Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 1 (195) 2025. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2025. 371 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 № 4 від 22.05.2025 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, Словачка Республіка**Вахній С.П.**, д-р с.-г. наук, проф., 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**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**Марченко А.Б.**, д-р с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, 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**Примак І.Д.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна**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**Хахула В.С.**, канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, 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 Scs, Professor, National denrologycal park "Sofiyivka" NAS of Ukraine, Uman, Ukraine

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

Khakhula V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

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

Lytvynenko 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 Scs, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Marchenko A., Dr of Agriculture Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

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

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

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

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

Басюк П.Л., Грабовський М.Б. Динаміка зміни вмісту та урожайності сухої речовини у рослинах кукурудзи при застосуванні мікродобрив та регуляторів росту.....	8
Бігтюцький В.С., Цехмістренко С.І., Поліщук В.М., Мельниченко Ю.О., Поліщук С.А. Біонанотехнологічні інновації для покращення біодоступності поліфенолів рослин флавоноїдної природи: огляд.....	18
Городиська І.М., Стукало Б.В. Вплив строків сівби на продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості: огляд.....	31
Долгальова Ю.А., Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Самойлик М.О., Юрченко А.І. Формування вмісту і якості клейковини зерна у спельтоподібних Чорнобильських радіомутантів <i>Triticum L.</i>	40
Іванчук А.В. Онтогенез рослин в ізольованих штучних екосистемах: огляд.....	55
Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Свистунов Ю.В., Антал Т.В. Енергетична ефективність застосування різних норм мінеральних добрив та регуляторів росту рослин при вирощуванні кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України.....	65
Карпук Л.М., Зайка Н.В., Павліченко А.А., Тігаренко О.С., Філіпова Л.М., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Єзерковський А.В., Кулик Р.М. Винос макроелементів посівами спельти (<i>Triticum spelta L.</i>) на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України.....	75
Кирильчук А.М., Гринів С.М., Данюк Ю.С., Безпрозвана І.В., Чухлєб Л.І., Кулик Т.Є., Шкляр В.Д. Довговічність та оновлення офіційного зразка насіння зі сховища довготривалого зберігання.....	84
Кононюк Н.О., Присяжнюк О.І. Екологічна стабільність та пластичність вирощування пшениці в умовах Лісостепу України.....	98
Купріянова Т.М. Вплив різного складу живильного середовища на ріст і розвиток рослин сучасних сортів картоплі в культурі <i>in vitro</i>	104
Лозінський М.В., Зінченко С.В., Юрченко А.І., Устинова Г.Л., Самойлик М.О., Філіцька О.О. Елементи структури урожайності та їх кореляційні взаємозв'язки у популяції пшениці м'якої (<i>Triticum aestivum L.</i>) озимої.....	112
Поліщук В.В., Пригула Ю.М. Вплив норми висіву на формування продуктивності та якості насіння пшениці озимої.....	122
Примак І.Д., Войтовик М.В., Устинова Г.Л., Ображій С.В., Панченко О.Б. Біологізація систем удобрення зернопросапної сівозміни у Правобережному Лісостепу України.....	130
Рожков А.О., Росенко В.Т. Динаміка формування повітряно-сухої маси рослин гібридів соняшника різних груп стиглості за впливу передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень в умовах Північно-Східного Степу України.....	141
Рябовол Я.С., Сліденко С.І. Оцінка резистентності до хвороб створених зразків жита озимого.....	153
Сиромятников Ю.М., Куц О.В., Яковлєва А.С., Семенов В.В., Сиромятніков П.С., Куц О.А., Семенов В.І. Елементи технології сталого вирощування органічної сої без використання синтетичних добрив і пестицидів.....	162
Сич З.Д., Кубрак С.М. Оцінювання зразків часнику озимого за господарсько цінними ознаками в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України.....	171
Тирус М.Л. Економічна ефективність вирощування сортів амарантів умовах Лісостепу Західного України.....	181
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.....	188
Шита О.П., Філіпова Л.М., Мацкевич В.В. Індукція ризогенезу <i>prunusdulcis</i> (Mill.) D.A. Webb трофічними та гормональними детермінантами.....	199
Шубенко Л.А., Леус В.В., Муленок Я.О., Донченко В.С. Характерні особливості розтріскування поверхні плодів черешні.....	210

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Бровді А.А., Поліщук В.В. Перспективи використання троянд групи флорібунда в озелененні міста Умань.....	221
Булат А.Г. Сучасні методи інтенсифікації вирощування садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної (<i>Catalpa bignonioides</i> Walter).....	229
Вегера Л.В., Пономаренко В.О., Музика Г.І., Бойко І.В., Гончар Н.О. Представники роду <i>Rhododendron</i> L. у дендроструктурі композиційних куртин Японського саду парку «Нова Софіївка» НДП «Софіївка» НАН України та їх семантична роль.....	239
Зелінський Б.В. Таксономічна оцінка дендрофлори садово-паркових об'єктів м. Біла Церква.....	254
Іллючок В.С., Марченко А.Б. Рекреаційний потенціал ботанічних пам'яток природи на прикладі <i>Liriodendron tulipifera</i> L.....	267
Кунпан Л.В., Осіпов М.Ю. Проектні пропозиції з озеленення та благоустрою території Кузьминогребельського ліцею.....	276
Марченко А.Б., Бутенко В.О. Художньо-декоративні принципи підбору рослин для природотерапії.....	287
Марченко А.Б., Житник І.С. Аналіз використання декоративних злакових рослин у сучасній флористиці для композиційних рішень.....	295
Олешко О.Г., Ващук Ю.В. Аналіз використання контейнерного озеленення в міському середовищі на прикладі Білої Церкви.....	303

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Баюра О.М., Вітенко В.А., Коваль С.А., Масловата С.А., Іщук Г.П., Іщук Л.П. Особливості квітнування та плодоношення <i>Fraxinus excelsior</i> L. в умовах Правобережного Лісостепу України.....	314
Левандовська С.М., Хрик В.М., Ситник О.С. Інноваційні підходи до відновлення популяцій мисливських тварин у лісових екосистемах: огляд.....	322
Лозінська Т.П., Масальський В.П., Пенькова С.В., Терновий Ю.В. Агролісівництво: забезпечення сталого розвитку агроекосистем (огляд).....	331
Масальський В.П., Лозінська Т.П., Мордатенко І.Л. Генеративна здатність видів роду <i>Quercus</i> L. як спосіб підвищення продуктивності дубових насаджень.....	343
Стюрко М.О., Овчіннікова О.П. Сосновий насіннєвий клоп <i>Leptoglossus occidentalis</i> H. – інвазійний шкідник, який розширив ареал шкодочинності.....	355

ЕКОЛОГІЯ

Романчук Л.Д., Ковальова С.П., Овезмирова О.Б., Кондратюк Д.М. Радіологічний стан ґрунтів у місцях ведення бойових дій на території Народицької територіальної громади.....	363

CONTENT

AGRONOMY

Basyuk P., Grabovskyi M. Dynamics of changes in dry matter content and yield in corn plants under the application of micronutrients and growth regulators.....	8
Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Polihchuk V., Melnychenko Yu., Polishchuk S. Bionanotechnological innovations to improve the bioavailability of flavonoid polyphenols: a review.....	18
Horodyska I., Stukalo B. The influence of sowing times on the productivity of corn hybrids of different maturity groups: a review.....	31
Dolhalova Yu., Lozinskyi M., Ustynova H., Samoilyk M., Yurchenko A. Formation of the content and quality of grain gluten in spelt-like chernobyl radiomutants of <i>Triticum</i> L.....	40
Ivanchuk A. Plant Ontogenesis in Isolated Artificial Ecosystems.....	55
Kalenska S., Ermakova L., Svistunov Y., Antal T. Energy efficiency of using different rates of mineral fertilizers and plant growth regulators in corn growing in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	65
Karpuk L., Zaika N., Pavlichenko A., Titarenko O., Filipova L., Yezerkovska L., Karaulna V., Yezerkovsky A., Kulyk R. Macroelements output by spelt (<i>Triticum spelta</i> L.) crops on typical black soil in the Forest-steppe conditions of Ukraine.....	75
Kyrylchuk A., Hryniv S., Daniuk Y., Bezprozvana I., Chukhleb L., Kulyk T., Shkliar V. Durability and renewal of the official seed sample from the long-term storage repository.....	84
Kononiuk N., Prysiashniuk O. Ecological stability and plasticity of wheat cultivation in the conditions of the Forest-steppe zone of Ukraine.....	98
Kupriianova T. Influence of different composition of the nutrient medium on the growth and development of plants of modern potato varieties <i>in vitro</i>	104
Lozinskyi M., Zinchenko S., Yurchenko A., Ustynova H., Samoilyk M., Filitska O. Elements of yield structure and their correlation relationships in populations of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	112
Polishchuk V., Prytula Y. Influence of seeding rate on the formation of productivity and quality of winter wheat seeds.....	122
Prymak I., Voitovyk M., Ustynova H., Obrazhii S., Panchenko O. Biologization of fertilization systems of grain-row crop rotation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine	130
Rozhkov A., Roenko V. Dynamics of formation of air-dry mass of sunflower hybrids of different ripeness groups under the influence of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization in the conditions of the North-Eastern Steppe of Ukraine.....	141
Riabovol Ia., Slidenko S. Evaluation of diseases resistance of created of winter rye samples.....	153
Syromyatnikov Yu., Kuts O., Yakovlieva A., Sementsov V., Syromyatnikov P., Kuts O., Sementsov V. Elements of sustainable organic soybean cultivation technology without the use of synthetic fertilizers and pesticides.....	162
Sych Z., Kubrak S. Evaluation of winter garlic samples for economically valuable traits in arid conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	171
Tyrus M. Economic efficiency of growing amaranth varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine.....	181
Chaika T., Korotkova I. 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.....	188
Shyta O., Filipova L., Matskevych V. Induction of rhizogenesis in <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb by nutritional and hormonal determinants.....	199
Shubenko L., Leus V., Mulenok Ya., Donchenko V. Characteristic features of cracking of sweet cherry fruit surface.....	210

HORTICULTURE

Brovdi A., Polishchuk V. Prospects for using floribunda roses in Uman city landscaping....	221
Bulat A. Modern methods of intensification of growing of planting material <i>Catalpa bignonioides</i> Walter.....	229
Vegera L., Ponovarenko V., Muzyka H., Boiko I., Gonchar N. Representatives of the genus <i>Rhododendron</i> L. in the dendrostructure of compositional clumps of the Japanese Garden of “Nova Sofiyivka” Park (NDP “Sofiyivka”, NAS of Ukraine) and their semantic role.....	239
Zelinskyi B. Taxonomic assessment of the dendroflora of garden and park facilities in Bila Tserkva.....	254
Ilyuchok V., Marchenko A. Recreational potential of botanical natural sightseeings on the example of <i>Liriodendron tulipifera</i> L.....	267
Kunpan L., Osipov M. Project proposals for greening and beautiful territory of Kuzminogrebel lyceum.....	276
Marchenko A., Butenko V. Artistic and decorative principles of plant selection for nature therapy.....	287
Marchenko A., Zhytnyk I. Use analysis of ornamental cereal plants in modern floristry for compositional solutions.....	295
Oleshko O., Vashchuk Y. Analysis of container landscaping using in the urban environment on the example of Bila Tserkva.....	303

FORESTRY

Bayura O., Vitenko V., Koval S., Maslovata S., Ishchuk H., Ishchuk L. Features of flowering and fruiting of <i>Fraxinus excelsior</i> L. in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	314
Levandovska S., Khryk V., Sytnyk O. Innovative approaches to the restoration of game animals populations in forest ecosystems: overview.....	322
Lozinska T., Masalskyi V., Penkova S., Ternovyi Yu. Agroforestry: ensuring sustainable development of agroecosystems (review).....	331
Masalskyi V., Lozinska T., Mordatenko I. Generative capacity of species from the genus <i>Quercus</i> L. as a method to enhance the oak plantations productivity.....	343
Stiurko M., Ovchinnikova O. The pine seed bug <i>Leptoglossus occidentalis</i> H. is an invasive pest that expanded its area of harmfulness.....	355

ECOLOGY

Romanchuk L., Kovalyova S., Ovezmiradova O., Kondratyuk D. Radiological condition of soils in areas of conducting military operations within the Narodychi territorial community.....	363

АГРОНОМІЯ

УДК 633.15: 631.816.11: 631.87

Динаміка зміни вмісту та урожайності сухої речовини у рослинах кукурудзи у разі застосування мікродобрив та регуляторів росту**Басюк П.Л.** , **Грабовський М.Б.** *Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: nikgr1977@gmail.com



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.

Basyuk P., Grabovskyi M. Dynamics of changes in dry matter content and yield in corn plants under the application of micro-nutrients and growth regulators. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 8–17.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-8-17

Продуктивність кукурудзи визначається особливостями накопичення, розподілу та транспортування сухої речовини впродовж вегетаційного періоду, що має особливе значення за вирощування цієї культури на силос. У статті наведено результати вивчення впливу мікродобрив і регуляторів росту рослин на вміст та урожайність сухої речовини гібридів кукурудзи. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. у СФГ «Чайка-2» Броварського району Київської області з гібридами кукурудзи Гендальф (ФАО 250) та Інтелігенс (ФАО 380), застосовували мікродобрива та регулятори росту рослин відповідно до схеми дослідження. Встановлено, що найвищий вміст сухої речовини у фазі ВВСН 75–77, ВВСН 81–83 і ВВСН 85 був у середньостиглого гібрида кукурудзи Інтелігенс – 35,8; 38,4 і 40,6 %, у середньораннього гібрида Гендальф цей показник становив 34,1; 36,7 і 39,0 %, відповідно. У фазу ВВСН 85 (воскова стиглість зерна) вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи мав максимальні значення і був вищим у середньому на 4,9 %, порівняно з молочною стиглістю зерна (ВВСН 75–77) і на 2,3 %, порівняно з молочно-восковою стиглістю зерна (ВВСН 81–83). У гібридів Гендальф та Інтелігенс в цей період облік вміст сухої речовини у зерні становив 60,2–60,5 % і 62,5–63,2 %, листках і обгортках та стрижнях качана – 36,7–37,1 і 38,4–38,7 % та 32,0–32,2 і 33,4–33,6 %. Найменші значення були в стеблі кукурудзи – 26,6–26,9 і 27,6–27,9 %. Дослідженнями не виявлено впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сухої речовини в окремих органах і рослинах кукурудзи. Спостерігається тенденція до збільшення цього показника за використання препаратів Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи. Найбільша урожайність сухої речовини у гібридів кукурудзи Гендальф та Інтелігенс (16,0 і 17,7 т/га) отримано на третьому (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи) і четвертому (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 6–8 листків) варіантах дослідження.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, суха речовина, мікродобрива, регулятори росту рослин, фази розвитку, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від забезпеченості основними елементами живлення та регулювання фізіологічних процесів у рослинах. Застосування мікроелементів та регуляторів росту має вирішальне значення в оптимізації розвитку рослин, підвищенні їх стресостійкості та продуктивності [1–2].

Такі мікроелементи як цинк, марганець, мідь, бор та молібден є життєво важливими для активності ферментів, синтезу хлорофілу та метаболічних процесів у рослинах. Їх дефіцит може призвести до пригнічення росту, зменшення ефективності фотосинтезу та зниження врожайності. Позакореневе внесення різних комбінацій мікродобрив забезпечує швидке поглинання та ефективну «доставку» елементів живлення рослинам, особливо у критичні етапи розвитку [3–5].

Регулятори росту, включаючи ауксини, гібереліни та цитокініни впливають на поділ, подовження та диференціацію клітин, сприяючи кращому розвитку коренів, ефективному засвоєнню поживних речовин та підвищенню стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища. Застосування біостимуляторів на основі природних фітогормонів допомагає пом'якшити наслідки впливу посухи, температурних коливань та інших стресових чинників, що приводить до більш стабільних і високих врожаїв [6–9].

Одним із показників, що визначає роботу фотосинтетичного апарату рослин є процес накопичення сухої маси у надземних і підземних частинах [10]. Накопичення сухої речовини в рослинах визначається ефективністю використання фотосинтетично активної радіації (ФАР), величиною площі листя та терміном її функціонування. Інтенсивність процесу фотосинтезу визначає кількість накопиченої сухої речовини з одиниці площі. Тому надзвичайно важливо, щоб продукти фотосинтезу використовувалися максимально ефективно для формування врожаю культури [11].

Врожайність зерна сільськогосподарських культур визначається особливостями накопичення, розподілу та транспортування сухої речовини впродовж вегетаційного періоду, причому між накопиченням сухої речовини та врожайністю спостерігається достовірна позитивна кореляція [12]. Встановлено, що на процеси накопичення та переміщення сухої речовини й поживних речовин у кукурудзі переважно впливають гібридні особливості кукурудзи та агротехнічні заходи. За

даними W. Z. Qi та ін. [13], P. Peng та ін. [14], гібриди кукурудзи інтенсивного типу мали вищі показники поглинання поживних речовин і накопичення сухої речовини впродовж усього вегетаційного періоду. Особливо суттєвою була перевага таких гібридів у співвідношенні поглинання поживних речовин і їх розподілу до зерна після цвітіння волотей.

Вміст сухої речовини в стеблах підвищується до початкових періодів дозрівання зерна, тимчасом у качанах – аж до повного дозрівання. Вміст сухої речовини у всій рослині збільшується поетапно разом зі збільшенням фаз росту та розвитку. Найінтенсивніше збільшення сухої речовини за добу спостерігається на етапі від закінчення цвітіння до молочно-воскової стиглості зерна. Найбільша концентрація сухої речовини у рослині коливається від 30 до 35 % (це оптимальний момент для збирання кукурудзи на силос), а найвищий показник врожайності зерна досягається, коли вміст сухих речовин становить у ньому 60–64 % [15–17].

Тривалість накопичення сухої речовини значною мірою залежить від приросту рослин у висоту, їх генетичних особливостей і фотосинтетичного потенціалу. З інтенсивністю ростових процесів прискорюється формування асиміляційної поверхні, збільшується фотосинтетична діяльність рослин, зростає їх фактична врожайність [18].

Застосування макроелементів (NPK) забезпечує підвищення продуктивності сирієї маси кукурудзи на 11,4–21,0 %, сухої речовини – на 11,4–17,0 %, порівняно з варіантами без їх внесення. Використання мікроелементів дає змогу підвищити ці показники відповідно на 1,4–3,6 % та 1,2–3,9 %. Чіткої залежності впливу макро- та мікроелементів на вміст сухої речовини в досліджуваних гібридах кукурудзи не виявлено [19].

Дослідженнями К.В. Павліченко [17] встановлено, що залежно від фази стиглості зерна вміст сухої речовини в усій рослині кукурудзи у варіантах досліду був у межах 31,5–39,9 %. Вміст сухої речовини у зерні становив 58,6–63,4 %, листках і обгортках качана – 34,8–37,1 % та 31,0–34,2 %, відповідно. Найменші значення цього показника були в стеблі кукурудзи – 22,9–25,3 %. У середньому, за результатами досліду максимальним вмістом сухої речовини відзначався гібрид Богатир – 39,2 %, у гібридів Амарос, КВС 381 і Каріфолс цей показник становив – 37,1; 38,8 і 38,4 %, відповідно. Вміст сухої речовини в листках середньо пов'язаний зі стеблом ($r=0,70$) та тісно пов'язаний

із зерном ($r=0,82$). У стеблї виявлено високі зв'язки з вмістом сухої речовини в зерні ($r=0,88$). Подібні результати отримані А.А. Засухою та Л.А. Козаком [20], які вказують, що не відмічено впливу мікродобрів на вміст сухої речовини у рослинах кукурудзи та її структурних елементах (стеблах, листках, обгортках і стрижнях качана та зерні). Вміст сухої речовини становив: у зерні 62,0–64,0 %, листках – 35,9–38,0 %, обгортках і стрижнях качана – 32,1–35,4 %, стеблї – 25,0–28,0 %. Максимальна урожайність сухої маси побічної продукції кукурудзи отримана на варіанті із внесенням $N_{90}P_{70}K_{70}$ і позакореневого підживлення мікродобривами Ікар Біго Рутс (0,5 л/га) + Ікар Фосто (0,5 л/га) + Ікар Зінто (0,5 л/га) – 4,26 т/га.

На основі проведених досліджень І.П. Сатановська [21] зробила висновки, що передпосівна обробка насіння та проведення позакореневого підживлення Емістимом С разом із Еколістом багатокомпонентним за вирощування кукурудзи на силос, забезпечили вихід сухої речовини 29,3 т/га у середньораннього та 29,0 т/га у середньостиглого гібридів, що на 2,1–5,8 % більше, ніж за внесення азотних добрив із розрахунку N_{135} .

Результатами досліджень, проведених в Інституті зрошуваного землеробства НААН України встановлено, що найменше накопичення сухої маси було за обробки посівів ранньостиглих гібридів мікродобривом Нутрімікс – 20,46–20,63 т/га, а максимальне у фазу молочної стиглості за обробки комплексним мікродобривом Аватар-1 – у середньопізнього гібрида Чонгар – 21,83 т/га. Застосування препарату Аватар-1 забезпечило приріст сухої маси на 6,9–7,1 %, а препарату Нутрімікс – на 6,0–6,2 %, порівняно з контрольним варіантом [22].

В умовах зрошення Південного Степу України максимальний вихід сухої речовини з одиниці посівної площі спостерігали у фазу повної стиглості зерна в гібрида ДКС 4795 – 40 т/га, за густоти стояння рослин 80 тис. шт./га та мінерального живлення $N_{120}P_{120}$ [23].

Урожайність сухої речовини та якість компонентів рослин кукурудзи (листки, стебла і волоті) впродовж дозрівання можуть відрізнятися у різних гібридів. Ці потенційні відмінності можуть вплинути на загальну якість та вибір гібрида за вирощування на силос. Дослідниками з університету Небраска (США) було встановлено, що серед гібридів кукурудзи спостерігалися варіації за вмістом сухої речовини в рослинах і окремих частинах [24].

Отже, використання мікроелементів та регуляторів росту в технологічних схемах вирощування кукурудзи дозволить аграрним виробникам підвищити продуктивність культури, якість зерна і силосної маси, забезпечуючи більш ефективне використання елементів живлення з ґрунту та мінеральних добрив.

Метою досліджень було визначення впливу мікродобрів і регуляторів росту рослин на вміст та урожайність сухої речовини гібридів кукурудзи.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2023–2024 рр. у СФГ «Чайка-2» Броварського району Київської області за наступною схемою: Чинник А. Гібриди кукурудзи. 1. Гендальф (ФАО 250) 2. Інтелігенс (ФАО 380). Чинник В. Мікродобрива та регулятори росту рослин. 1. Контроль (обприскування водою). 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи. 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи. 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи. Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне. Повторність досліді – чотириразова. Посівна площа ділянки – 30 м², облікова – 25,2 м². Дослідження проводили згідно з методичними рекомендаціями [25–26].

Агротехніка вирощування кукурудзи на силос була загальноприйнятою для умов Лісостепу України, окрім чинників, що були поставлені на вивчення. Сівбу гібридів кукурудзи проводили у 3-й декаді квітня за температури ґрунту на глибині загортання насіння 8–10 °С. Перед сівбою на всіх варіантах досліді вносили $N_{90}P_{60}K_{60}$ (аміачна селітра + діаміфоска). Мікродобрива та регулятори росту рослин застосовували як позакореневі підживлення рослин кукурудзи у фазу 3–5 (ВВСН 13–16) і 6–8 листків (ВВСН 17–18). Вміст сухої речовини визначали за допомогою відбирання рослин масою до 1 кг, після чого їх ретельно подрібнювали і з цього зразка відбирали 2 навжки по 10 г кожна, які висушували до абсолютно сухої маси в сушильній шафі за температури +105 °С. Облік урожайності сухої маси визначали зважуванням рослин у фази ВВСН 75–77, ВВСН 81–83 і ВВСН 85 із облікової з наступним перерахунком на один гектар.

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що у гібридів Гендальф та Інтелігенс у фазу молочної стиглості зерна (ВВСН 75–77) вміст сухої речовини у рослинах на контрольному варіанті становив 34,0 і 35,7 %, другому варіанті позакореневого підживлення мікродобривами та регуляторами росту – 34,1 і 35,7 %, третьому – 34,3 і 36,0 %, четвертому – 34,1 і 35,8 % (табл. 1).

Не відмічено достовірного збільшення вмісту сухої речовини у рослинах кукурудзи у разі застосування мікродобрив та регуляторів росту, порівняно з контролем ($НІР_{05}=0,5\%$). В цей період обліків максимальні показники

вмісту сухої речовини були в зерні – 55,0–55,3 і 57,6 і 57,8 %, а найменші у стеблі – 21,6–21,7 і 22,8–23,2 %, відповідно у гібридів Гендальф і Інтелігенс. У листках цей показник становив у межах 30,5–31,0 і 32,0–32,5 %, а в обгортках і стрижнях качана – 28,7–29,0 і 30,0–30,4 %. Вищим вмістом сухої речовини (35,7–36,0 %) відзначався середньостиглий гібрид Інтелігенс, порівняно з середньораннім Гендальф (34,0–34,3 %).

У фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) вміст сухої речовини у рослинах досліджуваних гібридів кукурудзи становив 36,5–37,1 % і 38,3–38,6 % (табл. 2).

Таблиця 1 – Вміст сухої речовини в окремих частинах та рослинах гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин у фазу молочної стиглості зерна (ВВСН 75–77) (середнє за 2023–2024 рр.), %

Гібрид кукурудзи (А)	Мікродобрива та регулятори росту рослин (В)*	Стебло	Листки	Обгортки і стрижень качана	Зерно	У рослині
Гендальф	1	21,6	30,5	28,9	55,0	34,0
	2	21,6	30,8	28,7	55,1	34,1
	3	21,7	31,0	29,0	55,3	34,3
	4	21,6	30,7	29,0	55,2	34,1
Інтелігенс	1	22,8	32,1	30,2	57,6	35,7
	2	23,0	32,0	30,3	57,6	35,7
	3	23,2	32,5	30,4	57,8	36,0
	4	23,0	32,4	30,0	57,7	35,8
НІР ₀₅ , для	А	0,5	0,7	0,6	0,7	0,5
	В	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5
	АВ	1,4	1,8	1,5	1,6	1,2

*Примітка. Тут і далі в таблицях 1. Контроль (обприскування водою). 2. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи. 3. Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи. 4. Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи.

Таблиця 2 – Вміст сухої речовини в окремих частинах та рослинах гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин у фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) (середнє за 2023–2024 рр.), %

Гібрид кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Обгортки і стрижень качана	Зерно	У рослині
Гендальф	1	23,8	34,2	30,3	58,4	36,7
	2	23,9	34,0	30,1	58,0	36,5
	3	24,5	34,6	30,4	58,7	37,1
	4	24,0	34,2	30,4	58,2	36,7
Інтелігенс	1	25,1	36,1	31,6	60,2	38,3
	2	25,2	36,4	31,7	60,4	38,4
	3	25,4	36,6	31,7	60,6	38,6
	4	25,0	36,4	31,6	60,3	38,3
НІР ₀₅ , для	А	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6
	В	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3
	АВ	1,5	1,3	1,7	1,3	1,1

Тобто, вищими на 1,5–1,9 % ці показники були у середньостиглого гібрида Інтелігенс. За вмістом сухої речовини в рослинах кукурудзи та окремих її органах не відмічено достовірної різниці між варіантами позакореневого підживлення мікродобривами і регуляторами росту та контролем. Лише відмічено тенденцію до збільшення вмісту сухої речовини на третьому варіанті (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи, Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи). Порівняно з попереднім періодом обліків (ВВСН 75–77), у фазу молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 81–83) відмічено збільшення вмісту сухої речовини в рослинах кукурудзи на 2,5–2,7 %, стеблах – 2,0–2,8 %, листках – 3,2–4,4 %, обгортках і стрижнях качана – 1,3–1,6 %, зерні – 2,6–3,4 %. Максимальні значення вмісту сухої речовини у гібридів Гендальф та Інтелігенс отримано в зерні – 58,0–58,7 і 60,2–60,4 %.

В останній період обліків (ВВСН 85) відмічено максимальні значення вмісту сухої речовини в рослинах кукурудзи: 38,9–39,2 і 40,5–40,8 %, відповідно у гібридів Гендальф та Інтелігенс (табл. 3).

Різниця за цим показником між середньостиглим і середньораннім гібридами становила 1,6–1,8 %. Це підтверджується даними, отриманими українськими вченими [11], які зазначають, що збільшення ФАО гібридів кукурудзи приводить до збільшення частки сухої речовини в різних частинах рослини, більшою мірою в зерні, листках та качанах, меншою – у стеблах. Дослідженнями S. Schittenhelm [27] встановлено, що частка вегетативних частин рослин (листіків і стебла)

та вміст сухої речовини в них суттєво зростають зі збільшенням групи стиглості гібридів.

Не виявлено впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сухої речовини в окремих органах і рослинах кукурудзи. Спостерігаються тенденції до збільшення цього показника за використання препаратів Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи та Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи. Отримані дані співпадають із результатами інших вчених, які також відмічають відсутність впливу мікродобрив на вміст сухої речовини в рослинах та окремих органах [20, 28–29].

У фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) вміст сухої речовини в рослинах був вищим в середньому на 4,9 % (у діапазоні від 4,8 до 5,1 %), порівняно з молочною стиглістю зерна (ВВСН 75–77) і на 2,3 % (у діапазоні від 2,1 до 2,4 %), порівняно з молочно-восковою стиглістю зерна (ВВСН 81–83). У гібридів Гендальф та Інтелігенс вміст сухої речовини у зерні становив 60,2–60,5 % і 62,5–63,2 %, листках і обгортках та стрижнях качана – 36,7–37,1 і 38,4–38,7 % та 32,0–32,2 і 33,4–33,6 %. Найменші значення були в стеблі кукурудзи – 26,6–26,9 і 27,6–27,9 %.

Максимальний вміст сухої речовини у всі періоди обліків був у середньостиглого гібрида Інтелігенс – 35,8; 38,4 і 40,6 %, у середньораннього гібрида Гендальф цей показник становив 34,1; 36,7 і 39,0 %, відповідно (рис. 1).

Проведеними розрахунками встановлено, що мінімальна урожайність сухої речовини була у фазу 10–12 листків (ВВСН 28–30) – 2,4–3,8 т/га і досягала максимальних показників у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) – 15,6–17,7 % (табл. 4).

Таблиця 3 – Вміст сухої речовини в окремих частинах та рослинах гібридів кукурудзи залежно від застосування мікродобрив і регуляторів росту рослин у фазу воскової стиглості зерна (ВВСН 85) (середнє за 2023–2024 рр.), %

Гібрид кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Стебло	Листки	Обгортки і стрижень качана	Зерно	У рослині
Гендальф	1	26,7	36,7	32,1	60,2	38,9
	2	26,6	36,8	32,0	60,2	38,9
	3	26,9	37,1	32,2	60,5	39,2
	4	26,7	36,8	32,1	60,3	39,0
Інтелігенс	1	27,8	38,4	33,6	62,8	40,7
	2	27,6	38,4	33,5	62,5	40,5
	3	27,9	38,7	33,5	63,2	40,8
	4	27,8	38,5	33,4	62,5	40,6
НІР ₀₅ , для	A	0,9	0,7	0,7	0,5	0,8
	B	0,6	0,5	0,5	0,2	0,6
	AB	1,9	1,4	1,7	0,9	1,4

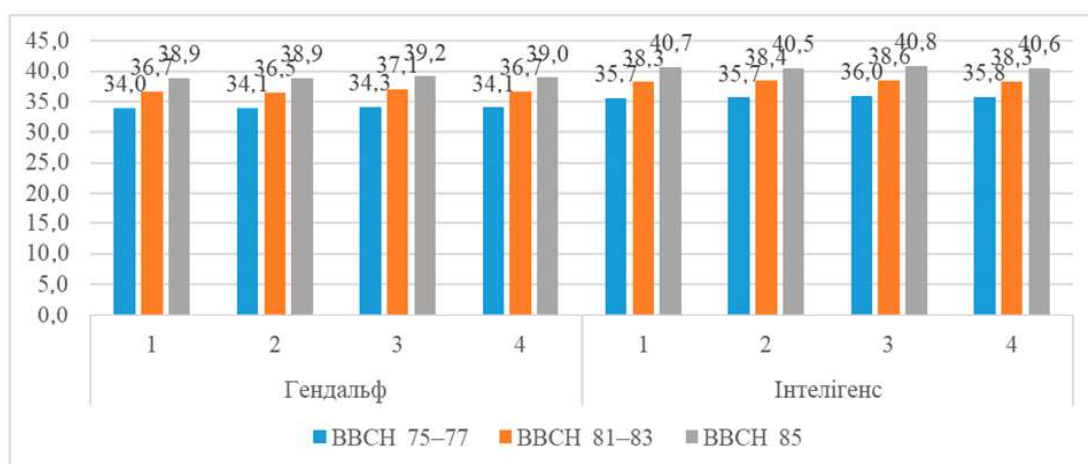


Рис. 1. Вміст сухої речовини в гібридах кукурудзи залежно від фази стиглості зерна (середнє за 2023–2024 рр.), %.

Таблиця 4 – Динаміка урожайності сухої маси кукурудзи залежно від позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин (середнє за 2023–2024 рр.), т/га

Гібриди кукурудзи	Мікродобрива та регулятори росту рослин	Фази росту і розвитку рослин				
		10–12 листків (BBCH 28–30)	викидання волоті (BBCH 63–65)	молочна стиглість зерна (BBCH 75–77)	молочно-воскова стиглість зерна (BBCH 81–83)	воскова стиглість зерна (BBCH 85)
Гендальф	1	2,4	6,8	13,3	15,3	15,6
	2	2,6	7,2	13,5	15,4	15,8
	3	2,6	7,2	13,6	15,6	16,0
	4	2,7	7,4	13,7	15,6	16,0
Інтелігенс	1	3,6	7,8	15,0	16,9	17,3
	2	3,7	8,3	15,2	17,2	17,5
	3	3,8	8,4	15,4	17,4	17,7
	4	3,8	8,4	15,4	17,4	17,7

Слід зазначити, що до викидання волотей накопичення сухої речовини в рослинах і окремих органах відбувається повільно та більш інтенсивно в період цвітіння чоловічих (волотей) і жіночих (качан) суцвіть та до воскової стиглості зерна.

У гібридів Гендальф та Інтелігенс, у фазу BBCH 28–30 на контролі урожайність сухої маси становила 2,4 і 3,6 т/га. На другому варіанті позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин відмічено збільшення виходу сухої речовини на 0,1–0,2 т/га, порівняно з контролем. Застосування третього і четвертого варіантів позакоренових підживлень сприяли підвищенню виходу сухої речовини на 0,2–0,3 т/га.

У фазу BBCH 63–65 дещо кращим виявився четвертий варіант із застосуванням

позакоренових підживлень комплексом препаратів, який забезпечив вихід сухої речовини у досліджуваних гібридів 7,4 і 8,4 т/га, що на 0,6 т/га більше контролю.

У фазу BBCH 75–77 (молочна стиглість зерна) урожайність сухої речовини була вищою на 82,6–96,4 %, порівняно з фазою BBCH 63–65, що пояснюється формуванням та інтенсивним розвитком качана. На другому варіанті використання мікродобрив та регуляторів росту рослин приріст урожайності становив 0,2 т/га, третьому – 0,3–0,4 т/га, четвертому – 0,4 т/га, відносно контролю.

У фазу BBCH 81–83 (молочно-воскова стиглість зерна) урожайність сухої речовини збільшувалася і становила на другому варіанті – 15,4 і 17,2 т/га, на третьому і четвертому – 15,6 і 17,4 т/га, що на 0,1–0,5 т/га більше контролю.

У фазу ВВСН 85 (воскова стиглість зерна) урожайність сухої речовини була найбільшою. У гібридів Гендальф та Інтелігенс на контролі вона становила 15,6 і 17,3 т/га, під час застосування другого варіанта позакоренових підживлень мікродобривами та регуляторами росту рослин вона зростала до 15,8 і 17,5 т/га. Найбільшу урожайність сухої речовини 16,0 і 17,7 т/га забезпечили третій і четвертий варіанти досліду, що на 0,4 т/га більше за контроль. Варто зазначити, що збільшення урожайності сухої маси у досліджуваних гібридів кукурудзи під впливом мікродобрив та регуляторів росту відбувалося завдяки зростанню урожайності зеленої (силосної) маси, тимчасом різниці за вмістом сухої речовини між варіантами з їх використанням не спостерігалось.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що найвищий вміст сухої речовини у фазі ВВСН 75–77, ВВСН 81–83 і ВВСН 85 був у середньостиглого гібрида кукурудзи Інтелігенс – 35,8; 38,4 і 40,6 %, у середньораннього гібрида Гендальф цей показник становив 34,1; 36,7 і 39,0 %, відповідно.

У фазу ВВСН 85 (воскова стиглість зерна) вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи мав максимальні значення і був вищим в середньому на 4,9 %, порівняно з молочною стиглістю зерна (ВВСН 75–77) і на 2,3 %, порівняно з молочно-восковою стиглістю зерна (ВВСН 81–83). У гібридів Гендальф та Інтелігенс в цей період облік вміст сухої речовини у зерні становив 60,2–60,5 % і 62,5–63,2 %, листках і обгортках та стрижнях качана – 36,7–37,1 і 38,4–38,7 % та 32,0–32,2 і 33,4–33,6 %. Найменші значення були в стеблі кукурудзи – 26,6–26,9 і 27,6–27,9 %.

Дослідженнями не виявлено впливу мікродобрив та регуляторів росту рослин на вміст сухої речовини в окремих органах і рослинах кукурудзи. Спостерігаються тенденції до збільшення цього показника за використання препаратів Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи.

Найбільша урожайність сухої речовини у гібридів кукурудзи Гендальф та Інтелігенс (16,0 і 17,7 т/га) отримано на третьому варіанті (Радікс (1 л/га) + Біогумат (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) + Цинк (1 л/га) у фазу 6–8 листків кукурудзи) і четвертому (Радікс (1 л/га) + Лінамін (1 л/га) +

Турбоазот (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 3–5 листків кукурудзи; Енерджі (1 л/га) + Фотосинтез (1 л/га) + Цинк (1 л/га) + Біогумат (0,5 л/га) у фазу 6–8 листків) варіантах досліду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гож О.А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та стимуляторів росту в умовах зрошення півдня України. Зрошуване землеробство. 2014. № 61. С. 118–120.
2. Improving maize grain yield by formulating plant growth regulator strategies in North China / L.S. Gong et al. Journal of Integrative Agriculture. 2021. No 20(2). P. 622–632. DOI: 10.1016/s2095-3119(20)63453-0
3. Єрмакова Л.М., Івановська Р.Т., Дем'янчук О.П. Вплив позакоренового підживлення гібридів кукурудзи на їх продуктивність. Землеробство. 2006. № 78. С. 47–53.
4. Приседський Ю.Г., Лихолат Ю.В. Адаптація рослин до антропогенних чинників (підручник для студентів спеціальностей біологія, екологія та середня освіта вищих навчальних закладів). Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 98 с.
5. Kaur H., Kaur H., Kaur H., Srivastava S. The beneficial roles of trace and ultratrace elements in plants. Plant Growth Regulation. 2023. No 100(2). P. 219–236. DOI: 10.1007/s10725-022-00837-6
6. Перспективи застосування синтетичних регуляторів росту інгібіторного типу у рослинництві та їх екологічна безпека / О.А. Шевчук та ін. Корми і кормовиробництво. 2017. № 84. С. 86–90.
7. Shekoofa A., Emam Y. Plant growth regulator (ethephon) alters maize (Zea mays L.) growth. J. Agron. 2008. No 7(1). P. 41–48. DOI: 10.3923/ja.2008.41.48
8. Efficacy of growth regulators for maize fields / Y.I. Tkalic et al. Agrology. 2023. No 6(4). P. 97–103. DOI: 10.32819/021116
9. Awasthi S., Chauhan R., Srivastava S. The importance of beneficial and essential trace and ultratrace elements in plant nutrition, growth, and stress tolerance. In Plant nutrition and food security in the era of climate change. Academic Press. 2022. P. 27–46. DOI: 10.1016/B978-0-12-822916-3.00001-9
10. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення / Ю.О. Лавриненко та ін. Аграрні інновації. 2022. № 12. С. 41–47. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.7
11. Грабовський М. Б., Павліченко К. В. Накопичення сухої маси рослинами кукурудзи залежно від удобрення та позакоренового підживлення: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів. Харків, 2021. С. 26–27.
12. Effects of nitrogen application stage on grain yield and nitrogen use efficiency of high-yield summer maize / J.W. Zhang et al. Plant, Soil and Environment. 2012. No 58(5). P. 211–216. DOI: 10.17221/531/2011-PSE

13. Characteristics of dry matter, accumulation and distribution of N, P and K of super-high-yield summer maize / W.Z. Qi et al. *Plant Nutr. Fertil. Sci.* 2013. No 19. P. 26–36. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63214-2
14. Post-silking accumulation and partitioning of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in maize varieties differing in leaf longevity / P. Ning et al. *Field Crops Research*. 2013. No 144. P. 19–27.
15. Асанішвілі Н.М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. № 11(3). С. 22–32. DOI: 10.31548/agr2020.03.022
16. Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to plant density and nitrogen stress factors: II. Reproductive phase / I.A. Ciampitti et al. *Crop Science*. 2013. No 53(6). P. 2588–2602. DOI: 10.2135/cropsci2013.01.0040
17. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Урожайність зеленої і сухої маси гібридів кукурудзи та вихід біогазу залежно від застосування макро- і мікродобрив. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 79–85. DOI: 10.32848/0135-2369.2022.77.17
18. Ciarkowska K., Sotek-Podwika K., Filipek-Mazur B., Tabak M. Comparative effects of lignite-derived humic acids and FYM on soil properties and vegetable yield. *Geoderma*. 2017. No 30(1). P. 85–92.
19. Grabovskiy M., Kucheruk P., Pavlichenko K., Roubik H. Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. No 30. 70022–70038. DOI: 10.1007/s11356-023-27235-3
20. Засуха А.А., Козак Л.А. Накопичення сухої речовини рослинами кукурудзи під впливом удобрення та регуляторів росту рослин: матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві». Біла Церква, БНАУ, 2023. С. 44–46.
21. Сатановська І.П. Накопичення сухої речовини середньостиглого гібрида кукурудзи Моніка 350 МВ залежно від впливу метеорологічних факторів: матеріали VII Міжнародної конференції «Кормовиробництво в умовах глобальних економічних відносин та прогнозованих змін клімату». Вінниця, 2013. С. 52–53.
22. Динаміка накопичення сирогої та сухої надземної біомаси гібридами кукурудзи за краплинного зрошення / Т.Ю. Марченко та ін. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 108–114. DOI: 10.32848/0135-2369.2019.71.23
23. Вожегова Р.А., Белов Я.В. Динаміка накопичення надземної біомаси гібридами кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та удобрення за вирощування в умовах зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109. Ч. 1. С. 3–9.
24. Perry Jr.L.J., Compton W.A. Serial measures of dry matter accumulation and forage quality of leaves, stalks, and ears of three corn hybrids. *Agronomy Journal*. 1977. No 69(5). P. 751–755.
25. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища школа, 1994. 334 с.
26. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою: метод. рекомендації / за ред. Є.М. Лебідя. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
27. Schittenhelm S. Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *European Journal of Agronomy*. 2008. Vol. 29. P. 72–79.
28. Грабовський М.Б., Грабовська Т.О. Вплив строків сівби на структуру врожаю зеленої маси та накопичення сухої речовини гібридами кукурудзи: тези доповідей державної науково-практичної конференції «Новітні технології в рослинництві». Біла Церква, БНАУ, 2014. С. 12–13.
29. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-5

REFERENCES

1. Gozh, O.A. (2014). Produktivnist' gibridiv kukurudzi zalezno vid mikroobriv ta stimuljatoriv rostu v umovah zroshennja pivdnja Ukrai'ni [Productivity of corn hybrids depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation conditions in southern Ukraine]. *Zroshuvanezemlerobstvo [Irrigated Agriculture]*. no. 61, pp. 118–120.
2. Gong, L.S., Qu, S.J., Huang, G.M., Guo, Y.L., Zhang, M.C., Li, Z.H., Duan, L.S. (2021). Improving maize grain yield by formulating plant growth regulator strategies in North China. *Journal of Integrative Agriculture*. no. 20(2), pp. 622–632.
3. Ermakova, L.M., Ivanovska, R.T., Dem'yanchuk, O.P. (2006). Vpliv pozakorenevoogo pidzhivlennja gibridiv kukurudzi na i'h produktivnist' [The influence of foliar fertilization of corn hybrids on their productivity]. *Zemlerobstvo [Agriculture]*. no. 78, pp. 47–53.
4. Prysedskiy, Yu.G., Lykholat, Yu.V. (2017). Adaptacija roslin do antropogennih chinnikov (pidruchnik dlja studentiv special'nostej biologija, ekologija ta srednja osvita vishhij navchal'nih zakladiv) [Adaptation of plants to anthropogenic factors (textbook for students of biology, ecology and secondary education of higher educational institutions)]. Vinnytsia, 98 p.
5. Kaur, H., Kaur, H., Kaur, H., Srivastava, S. (2023). The beneficial roles of trace and ultratrace elements in plants. *Plant Growth Regulation*. no. 100(2), pp. 219–236.
6. Shevchuk, O.A., Golunova, L.A., Tkachuk, O.O., Shevchuk, V.V., Kryklyva, S.D. (2017). Perspektivi zastosuvannja sintetichnih reguljatoriv rostu inhibitorного tipu u roslinnictvi ta i'h ekologichna bezpeka [Prospects for the use of synthetic growth regulators of inhibitory type in crop production and their environmental safety]. *Kormi i kormovirobnictvo [Feed and feed production]*. no. (84), pp. 86–90.

7. Shekoofa, A., Emam, Y. (2008). Plant growth regulator (ethephon) alters maize (*Zea mays* L.) growth. *J. Agron.* no. 7(1), pp. 41–48.
8. Tkalich, Y.I., Tsyliuryk, O.I., Kokhan, A.V., Yevtushenko, H.O., Gonzalez, P.H. (2023). Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agrology.* no. 6(4), pp. 97–103.
9. Awasthi, S., Chauhan, R., Srivastava, S. (2022). The importance of beneficial and essential trace and ultratrace elements in plant nutrition, growth, and stress tolerance. In *Plant nutrition and food security in the era of climate change*. Academic Press. pp. 27–46.
10. Lavrynenko, Yu.O., Mishchenko, S.V., Marchenko, T.Yu., Pilyarska, O.O., Kobyzeva, L.N., Grabovsky, M.B. (2022). Fotosintetichni pokazniki gibridiv kukurudzi zalezno vid gustoti posivu i obrobku biopreparatami za umov zroshennja [Photosynthetic indicators of corn hybrids depending on the sowing density and treatment with biological products under irrigation conditions]. *Agrarni innovacii* [Agrarian Innovations]. no. 12, pp. 41–47.
11. Grabovsky, M.B., Pavlichenko, K.V. (2021). Nakopichennja suhoi' masi roslinami kukurudzi zalezno vid udobrennja ta pozakorenevo pidzhivlennja: materiali Vseukrai'ns'koi' naukovopraktichnoi' konferencii' z dobuvachiv, molodih uchenih ta specialistiv [Accumulation of dry mass by corn plants depending on fertilization and foliar feeding: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Applicants, Young Scientists and Specialists]. *Kharkiv*, pp. 26–27.
12. Zhang, J.W., Jin, L.B., Liu, W., Dong, S.T., Liu, P. (2012). Effects of nitrogen application stage on grain yield and nitrogen use efficiency of high-yield summer maize. *Plant, Soil and Environment*. no. 58(5), pp. 211–216.
13. Qi, W.Z., Chen, X.L., Liu, P., Liu, H.H., Li, G., Shao, L.J., Zhao, B. (2013). Characteristics of dry matter, accumulation and distribution of N, P and K of super-high-yield summer maize. *Plant Nutr. Fertil. Sci.* no. 19, pp. 26–36.
14. Ning, P., Li, S., Yu, P., Zhang, Y., Li, C. (2013). Post-silking accumulation and partitioning of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in maize varieties differing in leaf longevity. *Field Crops Research*. no. 144, pp. 19–27.
15. Asanishvili, N.M. (2020). Optimizacija mineral'nogo zhivlennja gibridiv kukurudzi na osnovi roslinnoi diagnostiki [Optimization of mineral nutrition of corn hybrids based on plant diagnostics]. *Roslinnictvo ta gruntoznavstvo* [Crop production and soil science]. no. 11(3), pp. 22–32.
16. Ciampitti, I.A., Murrell, S.T., Camberato, J.J., Tuinstra, M., Xia, Y., Friedemann, P., Vyn, T. J. (2013). Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to plant density and nitrogen stress factors: II. Reproductive phase. *Crop Science*. no. 53(6), pp. 2588–2602.
17. Pavlichenko, K.V., Grabovsky, M.B. (2022). Urozhajnist' zelenoi' i suhoi' masi gibridiv kukurudzi ta vihid biogazu zalezno vid zastosuvannja makro- i mikrodivriv [Green and dry mass yield of corn hybrids and biogas yield depending on the application of macro- and microfertilizers]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated agriculture]. Issue 77, pp. 79–85.
18. Ciarkowska, K., Sotek-Podwika, K., Filipek Mazur, B., Tabak, M. (2017). Comparative effects of lignite-derived humic acids and FYM on soil properties and vegetable yield. *Geoderma*. no. 30(1), pp. 85–92.
19. Grabovsky, M., Kucheruk, P., Pavlichenko, K., Roubik, H. (2023). Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. *Environmental Science and Pollution Research*. no. 30, pp. 70022–70038.
20. Zasukha, A.A., Kozak, L.A. (2023). Nakopichennja suhoi' rehovini roslinami kukurudzi pid vplivom udobrennja ta regulativu roslin: materiali mizhnarodnoi' naukovopraktichnoi' konferencii' «Innovacijni tehnologii v agronomii, zemleustroi, elektroenergetici, lisovomu ta sadovo-parkovomu gospodarstvi» [Accumulation of dry matter by corn plants under the influence of fertilizer and plant growth regulators: proceedings of the international scientific and practical conference "Innovative technologies in agronomy, land management, power engineering, forestry and horticulture"]. *Bila Tserkva*, pp. 44–46.
21. Satanovska, I.P. (2013). Nakopichennja suhoi' rehovini serednostiglogo gibrida kukurudzi Monika 350 MV zalezno vid vplivu meteorologichnih faktoriv: materiali VII Mizhnarodnoi' konferencii' «Kormovirobnictvo v umovah global'nih ekonomichnih vidnosin ta prognozovanih zmin klimatu» [Dry matter accumulation of mid-season corn hybrid Monica 350 MV depending on the influence of meteorological factors: proceedings of the VII International Conference "Feed Production in the Conditions of Global Economic Relations and Predicted Climate Change"]. *Vinnitsia*, pp. 52–53.
22. Marchenko, T.Yu., Lavrynenko, Yu.O., Pilyarska, O.O., Zabara, P.P., Khomenko, T.M., Mykhailenko, I.V. (2019). Dinamika nakopichennja siroi' ta suhoi' nadzemnoi' biomasi gibridami kukurudzi za kraplinnogo zroshennja [Dynamics of accumulation of raw and dry aboveground biomass by corn hybrids under drip irrigation]. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated Agriculture]. Issue 71, pp. 108–114.
23. Vozhegova, R.A., Belov, Y.V. (2019). Dinamika nakopichennja nadzemnoi' biomasi gibridami kukurudzi zalezno vid gustoti stojannja roslin ta udobrennja za viroshhuvannja v umovah zroshennja [Dynamics of aboveground biomass accumulation by corn hybrids depending on plant density and fertilization during cultivation under irrigated conditions]. *Tavrijskij naukovijs'nik* [Tavria Scientific Bulletin]. Issue 109, Part 1, pp. 3–9.
24. Perry, Jr.L.J., Compton, W.A. (1977). Serial measures of dry matter accumulation and forage quality of leaves, stalks, and ears of three corn hybrids. *Agronomy Journal*. no. 69(5), pp. 751–755.
25. Moiseichenko, V.F., Yeshchenko, V.O. (1994). Osnovi naukovih doslidzen' v agronomii'

[Fundamentals of Scientific Research in Agronomy]. Kyiv, 334 p.

26. Metodika provedennja pol'ovih doslidiv z kukurudzoju [Methodology for conducting field experiments with corn]. Dnipropetrovsk, 2008, 27 p.

27. Schittenhelm, S. (2008). Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *European Journal of Agronomy*. Vol. 29, pp. 72–79.

28. Grabovskyi, M.B., Grabovska, T.O. (2014). Vpliv strokiv sijbi na strukturu vrozhanju zelenoi masi ta nakopichennja suhoi rehovini gibridamiku kurudzi: tezi dopovidej derzhavnoi nauko-vo-praktichnoi konferencii «Novitnietechnologii v roslinnictvi» [The influence of sowing dates on the structure of green mass yield and dry matter accumulation by corn hybrids: abstracts of the reports of the state scientific and practical conference "Latest technologies in crop production"]. Bila Tserkva, pp. 12–13.

29. Palamarchuk, V.D., Demchuk, B.S. (2021). Rol' pozakorenevih pidzhivlen' u suchasni tehnologijah viroshhuvannja zernovoi kukurudzi. [The role of foliar feeding in modern technologies of growing grain corn]. *Sil'ske gospodarstvo ta lisivnictvo [Agriculture and Forestry]*. no. 20, pp. 60–76.

Changes dynamics of dry matter content and yield in corn plants under the application of micronutrients and growth regulators

Basyuk P., Grabovskyi M.

Corn productivity is determined by the accumulation, distribution, and transportation of dry matter throughout the growing season, which is particularly important for silage production. The article shows the results of microfertilizers and plant growth regulators using to replace the yield of dry corn hybrids. The research was conducted in 2023–2024 at the «Chai-ka-2» farm in Brovary district, Kyiv region, using the corn hybrids «Gandalf» (FAO 250) and «Intelligence» (FAO 380). Micronutrients and plant growth

regulators were applied according to the experimental scheme. The highest dry matter content at the BBCH 75-77, BBCH 81-83, and BBCH-85 growth stages was recorded in the medium-late Intelligence hybrid at 35.8 %, 38.4 %, and 40.6 % respectively, while in the medium-early «Gandalf» hybrid these values were 34.1 %, 36.7 %, and 39.0 % respectively.

At the BBCH 85 stage (kernel wax maturity), the dry matter content in corn plants reached its maximum, exceeding that at the milk stage (BBCH 75-77) by an average of 4.9 % and at the milk-wax stage (BBCH 81-83) by 2.3 %. During this period, the dry matter content in corn grain for hybrids «Gandalf» and «Intelligence» was 60.2–60.5 % and 62.5–63.2 % respectively. The content in leaves, husks, and cobs ranged from 36.7–37.1 % to 38.4–38.7 %, while in stalks, it was the lowest at 26.6–26.9 % and 27.6–27.9 %, respectively.

The study did not reveal a significant effect of micronutrients and plant growth regulators on the dry matter content in individual plant organs or whole corn plants. However, there was a tendency towards an increase in this indicator with the application of «Radix» (1 L/ha) + «Biohumate» (1 L/ha) + «Photosynthesis» (1 L/ha) at the 3–5 leaf stage and «Energy» (1 L/ha) + «Linamin» (1 L/ha) + «Zinc» (1 L/ha) at the 6–8 leaf stage.

The highest yield of dry matter in corn hybrids «Gandalf» and «Intelligence» (16.0 and 17.7 t/ha) was obtained on the third («Radix» (1 l/ha)) + «Biohumate» (1 l/ha) + «Photosynthesis» (1 l/ha) in the phase of 3–5 leaves of corn; «Energy» (1 l/ha) + «Linamin» (1 l/ha) + «Zinc» (1 l/ha) in the phase of 6–8 leaves of maize) and the fourth («Radix» (1 l/ha)) + «Linamin» (1 l/ha) + «TurboNitrogen» (1 l/ha) + «Biohumate» (0.5 l/ha) in the phase of 3–5 leaves of maize; «Energy» (1 l/ha) + «Photosynthesis» (1 l/ha) + Zinc (1 l/ha) + «Biohumate» (0.5 l/ha) in the 6–8 leaf stage) experimental variants.

Key words: corn, hybrid, dry matter, micronutrients, plant growth regulators, growth stages, yield.



Copyright: Басюк П.Л., Грабовський М.Б. © 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:

Басюк П.Л.

Грабовський М.Б.

<https://orcid.org/0000-0000-0547-0854>

<https://orcid.org/0000-0002-8494-7896>



АГРОНОМІЯ

УДК 547:620.3:615.32

Біонанотехнологічні інновації для покращення біодоступності поліфенолів рослин флавоноїдної природи: огляд**Бітюцький В.С.** , **Цехмістренко С.І.** , **Поліщук В.М.** ,
Мельниченко Ю.О. , **Поліщук С.А.** *Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail:svetlana.tsehmistrenko@gmail.com.



Бітюцький В.С. Цехмістренко С.І. Поліщук В.М. Мельниченко Ю.О. Поліщук С.А. Біонанотехнологічні інновації для покращення біодоступності поліфенолів рослин флавоноїдної природи: огляд. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 18–30.

Bityutsky V., Tsehmistrenko S., Polishchuk V., Melnychenko Yu., Polishchuk S. Bionanotechnological innovations to improve the bioavailability of flavonoid polyphenols: a review. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 18–30.

Рукопис отримано: 10.02.2025 р.

Прийнято: 25.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-18-30

Дослідження присвячено комплексному аналізу поліфенольних сполук рослин флавоноїдної природи, які відіграють важливу роль у регуляції ключових біологічних процесів організму. Ці сполуки виконують численні функції, включаючи антиоксидантний, протизапальний, імуномодулювальний та епігенетичний впливи. Завдяки здатності взаємодіяти з різноманітними біомолекулами, поліфеноли беруть участь у модуляції сигналізації, що сприяє зниженню оксидативного стресу та поліпшенню клітинного гомеостазу. Однак їх застосування обмежується низькою біодоступністю, зумовленою складними процесами метаболізму та недостатньою стабільністю за транспортування і зберігання.

Розглянуто біонанотехнологічні підходи, які спрямовані на оптимізацію доставки та ефективності поліфенолів. Проаналізовано інноваційні системи на основі наночастинок, що дозволяють підвищити стабільність і абсорбцію цих сполук у тканинах організму. Наночастинки, модифіковані флавоноїдами, забезпечують таргетовану дію та пролонговане вивільнення біоактивних речовин.

Особливу увагу у дослідженні приділено впливу поліфенолів на регуляцію сигнальних шляхів Nrf2, AMPK і mTOR, які відповідають за адаптацію до оксидативного стресу, метаболічний баланс та підтримку імунної системи. Також розглянуто їхню роль у модуляції епігенетичних процесів, таких як метилювання ДНК та модифікація гістонів, що має значення для довгострокового регулювання генетичної активності та адаптивних реакцій організму.

Результати дослідження вказують на значний потенціал використання нанотехнологій для підвищення біодоступності поліфенолів. Розробка наноформ для доставки фітонутрієнтів сприяє створенню функціональних продуктів харчування і медичних препаратів. Застосування наночастинок дозволяє також зменшити побічні ефекти та підвищити біоефективність активних компонентів.

Ключові слова: поліфеноли, антиоксидантні властивості, протизапальні властивості, ендотеліальна функція, шлях Nrf2, мікробіота кишківника, абсорбція, метаболізм, епігенетичні зміни, циклооксигеназа.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Актуальність дослідження поліфенольних сполук флавоноїдної природи рослин обумовлена їх багатофункціональним значенням у регуляції біохімічних процесів організму людини та значним потенціалом для інновацій у сільськогосподарському виробництві. Поліфеноли, зокрема флавоноїди, демонструють складні механізми дії, які охоплюють антиоксидантний, протизапальний, імуномодулювальний та епігенетичний впливи. Незважаючи на їхню високу біологічну активність, низька біодоступність цих сполук значно обмежує їх ефективність, що потребує розробки нових підходів до підвищення їхньої абсорбції та метаболічної стабільності.

Сучасні тенденції у сфері агробіотехнологій потребують інтеграції нанотехнологій для створення ефективних систем доставки рослинних поліфенолів. Біонанотехнологічні інновації дозволяють не лише покращити біодоступність, а також підвищити стабільність та пролонговану дію фітонутрієнтів. Це має особливе значення для профілактики метаболічних та запальних захворювань, що є актуальною проблемою глобального здоров'я.

У статті здійснено детальний аналіз новітніх біонанотехнологій, спрямованих на оптимізацію біодоступності поліфенолів флавоноїдної природи.

Отримані результати є перспективними як для розвитку аграрної біотехнології, так і впровадження інновацій у медичну та харчову галузі. Це відкриває можливості для створення нових функціональних продуктів, спрямованих на покращення якості життя та профілактику хронічних захворювань.

Мета роботи – проаналізувати абсорбцію, метаболізм та біодоступність поліфенолів, а також напрями їх використання у біології.

Абсорбція та метаболізм поліфенолів. Поліфеноли – це вторинні метаболіти, наявні в рослинах і рослинних продуктах, які є природними антиоксидантами [3, 22]. Ці сполуки визначаються наявністю ароматичних кілець з кількома приєднаними гідроксильними групами. Ця гетерогенна група класифікується на дві основні категорії: флавоноїди та нефлавоноїдні структури. До флавоноїдів належать флавоноли, флаволи, флаванони, дигідрофлаванони та інші представники (рис. 1). Молекули нефлавоноїдів включають фенольні кислоти, стилбени, лігнани, дубильні речовини та куркуміноїди [44]. Зазвичай вони кон'юговані з цукрами та органічними кислотами. У фруктах, овочах і злаках, а також у напоях, таких як фруктовий сік, чай, кава і вино, виявлено понад 8 тисяч різних фенольних сполук [8, 10].

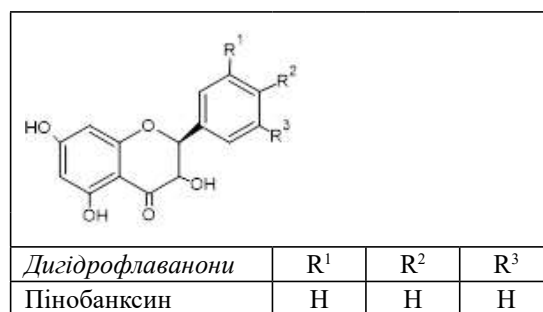
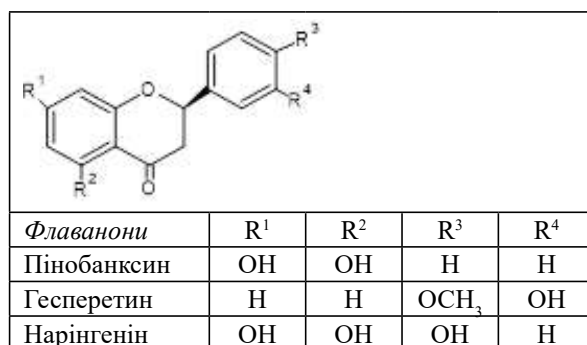
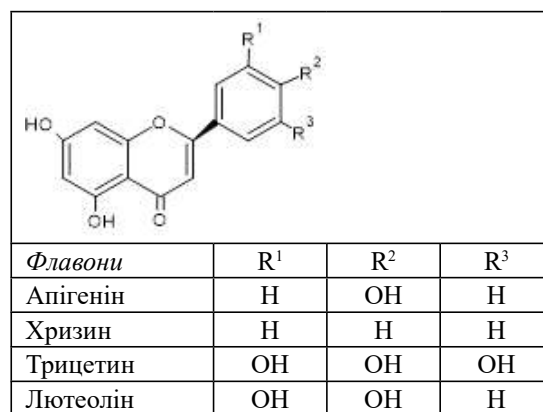
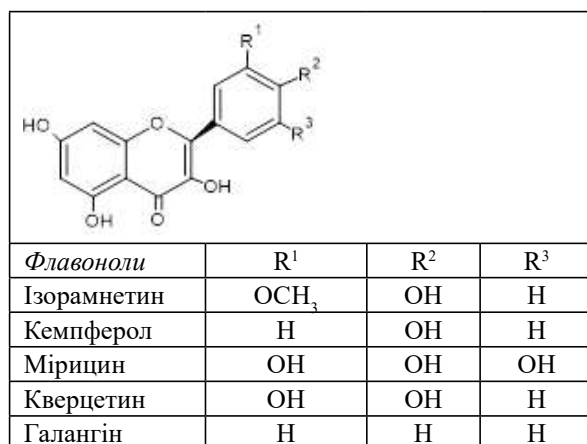


Рис. 1. Класифікація та хімічна структура деяких фенольних сполук.

Поліфеноли структурно характеризуються двома або більше гідроксильними групами, приєднаними до одного або декількох бензольних кілець, і забезпечують смакові й кольорові характеристики фруктів та овочів.

Вони є акцепторами радикалів і хелаторами металів, однак через їх низьку концентрацію в біологічних рідинах *in vivo* їх антиоксидантні властивості, напевно, пов'язані з підвищеною ендogenous антиоксидантною здатністю, індукованою за допомогою передачі сигналів по шляху Nrf2 [13].

На вміст поліфенолів впливають: види рослин, умови вирощування, сонячне світло, наявність води та поживних речовин, температура, умови транспортування та зберігання [21, 23, 40, 53].

Абсорбція та метаболізм поліфенолів досить складні, оскільки у рослинах наявні тисячі різних сполук. Поліфеноли характеризуються можливістю взаємодії в харчовому матриці [28], здатні до кон'югації з утворенням великої кількості різних метаболітів у разі абсорбції.

Зокрема, антоціаніни можуть абсорбуватися без змін (наприклад, ціанідин-3-глікозид). Багато інших поліфенолів мають бути гідролізовані, щоб відокремити цукрову групу (глікон) від поліфенолу (аглікону) перед їх абсорбцією [19]. Більша частина поліфенолів не абсорбується в тонкій кишці і продовжує надходити в ободову кишку, де на них впливають ферменти, наявні в мікробіоті, щоб вивільнити аглікони, які потім піддаються розщепленню кільцями з утворенням біодоступних метаболітів, таких як фенольні кислоти та гідроксицинамати [17]. Існує також високий ступінь міжіндивідуальної варіабельності біодоступності, частково зумовлена відмінностями в кишковому мікробіомі [7].

Антиоксидантні властивості поліфенолів. Поліфеноли мають антирадикальні властивості, пов'язані з їх хімічною структурою. Фенольні гідроксильні групи можуть віддавати електрон радикалам, при цьому поліфенольне ароматичне кільце може стабілізувати утворені ароксильні радикали [12]. Поліфеноли також є хелаторами металів і, отже, можуть зменшити каталізоване металом утворення вільних радикалів [5].

Однак максимальні концентрації у плазмі кон'югованих і некон'югованих поліфенолів знаходяться в діапазоні від 0,1 до 22 мкмоль/л⁻¹ [15, 29]. За порівняння з концентрацією урату в плазмі (150–450 мкмоль/л⁻¹), який також є важливим антиоксидантом плазми крові, малоімовірно, що фенольні препа-

рати плазми є ефективними прямими антиоксидантами *in vivo*.

Встановлено, що загальна антиоксидантна здатність (ЗАОЗ) плазми крові змінюється після прийому поліфенолів [52]. Однак ЗАОЗ лише кількісно визначає кумулятивну дію низькомолекулярних антиоксидантів, наявних у плазмі та ігнорує важливий внесок внутрішньоклітинних ферментів, таких як супероксиддисмутаза, каталаза і пероксиредоксин. Підвищення загальної антиоксидантної здатності, котре спостерігається після додавання поліфенолів, ймовірно, майже повністю залежить від змін рівня урату в плазмі, пов'язаних з метаболізмом фруктози, і не залежить від змін у фенольних сполуках плазми [34].

Роль шляху Nrf2 та механізм його дії. На сьогодні з'являється все більше доказів того, що фенольні речовини здатні посилювати ендogenous антиоксидантну здатність через шлях Keap1/Nrf2/ARE (елемент антиоксидантної відповіді). Nrf2 (фактор 2, пов'язаний з ядерним еритроїдним фактором) є основним регулятором антиоксидантної відповіді за допомогою регуляції широкого спектру антиоксидантних і детоксикаційних генів II фази [6]. Захищає клітини від стресорів, включаючи активні форми кисню (АФК) і дієтичні ксенобіотики, такі як поліфеноли [56].

Keap1 є багатим на цистеїн білком, який репресує передачу сигналів Nrf2. Окислювальні стресори або електрофіли індуюють ковалентну модифікацію залишків цистеїну Keap1. Це інгібує залежну від убіквітинування деградацію і збільшує ядерне накопичення Nrf2. Результат: збільшення синтезу нижчерозташованих ендogenous антиоксидантів, таких як супероксиддисмутаза, каталаза і пероксиредоксин [27].

Хоча харчові поліфеноли не наявні в достатній кількості *in vivo* для безпосередньої участі в антиоксидантній функції як поглиначі радикалів, фенольні сполуки будуть перетворюватися в електрофільні хінони і гідрохінони за впливу АФК, які потім здатні взаємодіяти з Keap 1 і активувати Nrf2 [27].

Парадоксально, але антиоксидантні ефекти поліфенолів виникають у результаті їх прооксидантної дії після впливу АФК *in vivo*, хоча наразі здається малоімовірним, що поліфеноли слугують прямими антиоксидантами через їх відносно низьку концентрацію порівняно з ендogenous антиоксидантами в сироватці крові та тканинах. Існує висока ймовірність того, що вживання таких речовин як поліфеноли сприяє зниженню рівня сироваткових маркерів окислювального пошкодження.

Це відбувається завдяки регуляції активності ендогенних антиоксидантів, яка забезпечується через активацію транскрипційного фактору Nrf2 і функціонування сигнального шляху антиоксидантної відповіді (ARE). Такий механізм допомагає організму ефективніше протидіяти оксидативному стресу та підтримувати клітинний гомеостаз [11, 56].

Протизапальні властивості поліфенолів. Поліфеноли, як виявилось, також мають протизапальні властивості: *in vitro* інгібують ферменти циклооксигенази, COX1 і COX2 [51]; зменшують передачу сигналів експресії NF- κ B [43]; інгібують ядерну транслокацію NF- κ B [30]. Важливий і складний внесок запальних шляхів у процес загоєння та ремоделювання передбачає, що протизапальна дія поліфенолів може бути ключовим компонентом механізмів дії.

Вплив на ендотеліальну функцію. Дослідження *in vitro* свідчать про те, що поліфеноли індукують активацію ендотеліальної синтази 3 оксиду азоту (eNOS) за допомогою передачі сигналів через: рецептор естрогену α через білок G; позаклітинну сигнальну кінразу (ERK); фосфатидилінозитол 3-кіназу (PI3K) [25].

Крім того, було показано, що поліфеноли: інгібують NADPH оксидазу, одне з ключових джерел продукції супероксиду [35]; індукують передачу сигналів через Nrf2, збільшуючи здатність ендогенних антиоксидантів [4]. Обидва ці ефекти будуть зберігати біодоступ-

ність NO завдяки зниженню утворення пероксинітриту.

Було показано, що добавки чорниці пригнічують активність NADPH-оксидази нейтрофілів [31], одного з ключових джерел продукції супероксиду, який може сприяти спостережуваним ефектам.

Вплив на циклооксигеназу. Встановлено, що поліфеноли інгібують активність циклооксигенази (ЦОГ1 і ЦОГ2) аналогічно нестероїдним протизапальним препаратам (рис. 2). Існує велика кількість доказів протизапальної дії поліфенолів *in vitro* та *in vivo* [41]. Дослідження, проведені на щурах *in vivo* дозволяють припустити, що спільне вживання мелатоніну з кавовою кислотою та/або кверцетином посилює фармакокінетику мелатоніну [32].

Поліфеноли та епігенетичні зміни. Загальноприйняте визначення епігенетики охоплює всі молекулярні шляхи, які впливають на те, як генотип експресує себе для прояву певного фенотипу. Таким чином, епігенетика слугує інтерфейсом між генотипом і фенотипом. На відміну від генетичних змін, які можуть мати довготривалий, незворотний вплив на здоров'я та хвороби, епігенетичні модифікації є оборотними і не змінюють послідовність ДНК [14]. Інформація, яку кодує епігеном, охоплює метилювання ДНК, ремоделювання хроматину, посттрансляційні модифікації гістонів та транскрипцію некодуючих РНК (рис. 3).

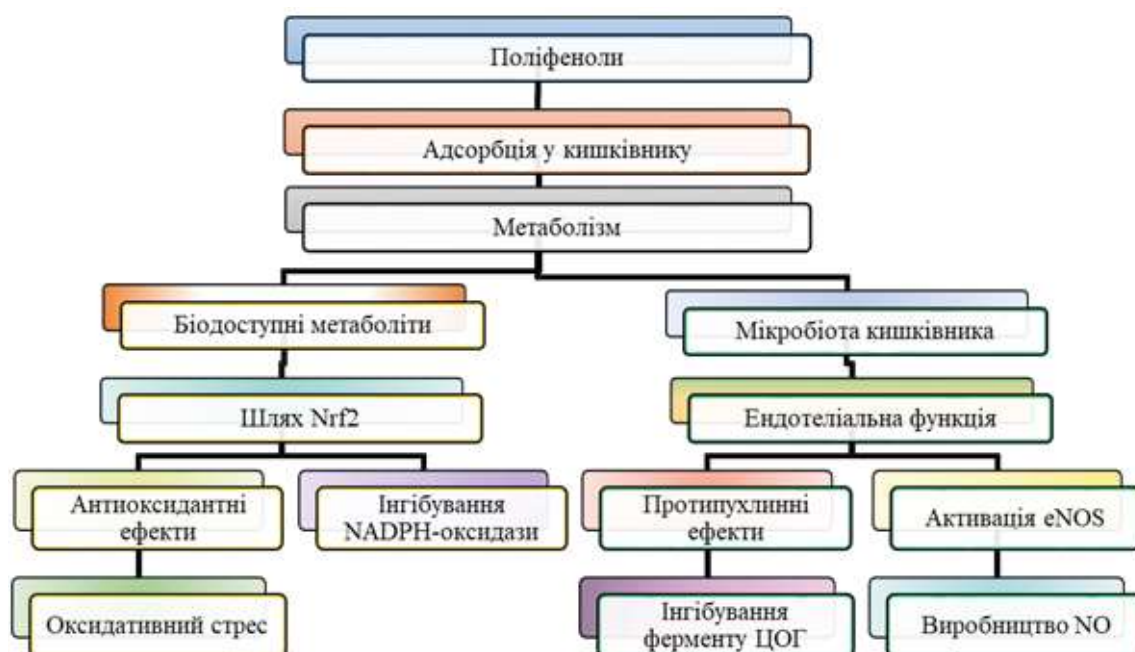


Рис. 2. Механізм поліфакторної дії поліфенолів.



Рис. 3. Епігенетичні аспекти дії поліфенолів.

Поєднання цих різних типів епігенетичної інформації визначає функцію всіх клітин і тканин [24]. Відомо, що вплив чинників навколишнього середовища, зокрема таких як дієта, безпосередньо впливає на експресію генів і довголіття в різних організмах [57]. Поліфеноли, такі як епігалокатехіну галат (EGCG) (із зеленого чаю) та куркумін, модулюють епігенетичні механізми, впливають на активність ДНК-метилтрансферази (DNMT) і модифікації гістонів. Наприклад, EGCG інгібує активність DNMT, що приводить до гіпометилування та реактивації пригнічених генів у різних ракових клітинних лініях [55]. Куркумін, з іншого боку, інгібує DNMT1 і активує гени-супресори пухлин, сприяючи його протираковій дії [18].

Механізми імунометаболічного перепрограмування за допомогою поліфенолів. Під час імунної відповіді клітини переходять від метаболічного спокою до активної фази, і переважно використання специфічних метаболічних шляхів може диктувати диференціацію імунних клітин до про- або протизапального імунофенотипу залежно від їх спеціалізації для встановлення захисного імунітету або толерантності.

Поліфеноли впливають на імунометаболічне перепрограмування через чотири регуляторні осі (рис. 4): по-перше, вони ак-

тивують сприйняття поживних речовин, які не лише діють як будівельні блоки, але також активують сприйняття поживних речовин через шляхи реакції на стрес і фактори росту, необхідні для імунної відповіді [50]. По-друге, поліфеноли регулюють баланс шляху mTOR/AMPK, важливий для адаптації клітин до доступності поживних речовин, модулюють запальні реакції в імунних клітинах і слугують добре переносимими імітаторами обмеження калорійності, покращуючи обіг і функцію мітохондрій. mTOR і AMPK виділяються як два додаткових головних регуляторів клітинного метаболізму, що дозволяє адаптуватися до проблем дефіциту або надлишку поживних речовин, зрештою сприяють виживанню клітин. Вони тісно пов'язані зі специфічними коригуваннями клітин у відповідь на метаболічний стрес, і порушення цих сигнальних шляхів тісно пов'язані з різними патологічними станами [39]. Коли поживних речовин є у великій кількості, організми надають перевагу використанню «палива» для підтримки клітинного росту, при цьому сигналізація mTOR відіграє центральну роль у цьому процесі. І, навпаки, після виснаження поживних речовин організми пригнічують анаболічні шляхи та сприяють аутофагії за допомогою сигналізації AMPK, щоб прийня-

ти стан, спрямований на збереження структурної та функціональної цілісності наявних клітин [46].

По-третє, поліфеноли перешкоджають збиранню інфламасоми NLRP3 у місцях контакту між ендоплазматичним ретикуломом і мітохондріями, пригнічуючи його активацію, одночасно покращуючи мітохондріальний біогенез і злиття аутофагосом-лізосом [37, 45].

Нарешті, поліфеноли впливають на ремоделювання хроматину через модуляцію гістондеацетилази/ацетилтрансферази, таким чином координуючи як епігенетичне, так і метаболічне перепрограмування [20].

Поліфеноли та тренувальна адаптація. Суперечка щодо використання антиоксидантних вітамінних добавок і тренувальної адаптації організму триває, з доказами відсутності ефекту або ослаблення адаптації [36]. Зрозуміло, що АФК і шляхи запалення беруть участь у клітинних сигнальних шляхах, які керують тренувальною адаптацією, тому цілком ймовірно, що якщо ці сигнали будуть пригнічені антиоксидантними добавками, це призведе до ерголітичних ефектів.

Однак, на відміну від антиоксидантних вітамінів і мінералів, антиоксидантні ефекти поліфенолів, ймовірно, виникають не через поглинання радикалів, а через активацію ендогенних антиоксидантних систем. Отже, можна очікувати різних ефектів між вітамінами і поліфенолами [13].

Отже, фенольні фітохімічні речовини рослинної їжі мають один загальний шлях зміцнення здоров'я, спільний ефект індукції клітинного стресу, що приводить до активації адаптивної захисної реакції клітин через активацію системи Nrf2, транслокації Nrf2 до ядра та збільшення експресії Nrf2-залежних антиоксидантних та інших цитопротекторних генів. Крім того, поліпшується біогенез, антиоксидантний захист і постачання субстрату до мітохондрій. Активація системи Nrf2 і подальша реакція захисту клітин також спостерігаються у відповідь на вплив поліфенольних сполук [16].

Біонанотехнологічні інновації щодо покращення засвоєння фітонутрієнтів. Біонанотехнологія виникла як інтеграція біотехнології та нанотехнології для розробки біосинтетичних та екологічно безпечних технологій синтезу наноматеріалів, причому “зелений” синтез і модифікація поверхні наночастинок є вирішальними [47]. Наночастинки, синтезовані з використанням рослинних екстрактів або фітокомпонентів, мають важливе значення в розробці різних терапевтичних і діагностичних засобів [54].

Доведено, що для поверхневих модифікацій/функціоналізації наноматеріалів використовують різні стратегії та біомодифікатори, зокрема за участі флавоноїдів. Флавоноїди широко використовують як антиоксиданти, анальгетики і протизапальні засоби, проявляючи безпечні доклінічні та клінічні профілі [58].



Рис. 4. Механізми імунометаболічного перепрограмування за допомогою поліфенолів.

Встановлено, що флавоноїд кверцетин протидіє запальним процесам, активуючи сигнальний шлях Nrf2/HO-1 та інгібуючи передачу сигналів NF- κ B [38]. Добавка кверцетину покращувала метаболізм Кальцію і Фосфору та сприяла розвитку великогомілкової кістки, запобігає захворюванню ніг у бройлерів за допомогою сигнального шляху Wnt [48]. Однак застосування кверцетину обмежене його низькою абсорбцією в організмі через погану розчинність, низьку біодоступність, погану проникність і нестабільність. Функціоналізація наночастинок Селену кверцетином може сприяти впливу наноконструкції на транскрипційні фактори Nrf2 та NF- κ B Wnt [2], ключові шляхи, які регулюють тонкий баланс клітинного окислювально-відновного статусу та реакції на стрес і запалення, метаболізм Кальцію та Фосфору [1, 9]. Продемонстровані переваги нанокон'югатів кверцетину з погляду збільшення періоду напіввиведення препарату та його розчинності, покращення накопичення препарату на цільовому місці та зменшення побічних ефектів [49]. Розроблені різні типи наноносіїв для покращення розчинності кверцетину та створення тканинноспецифічних систем доставки. Таким чином кверцетин може стати перспективною сполукою, якщо використовувати нанотехнології як інструмент для підвищення його терапевтичної ефективності [42].

Нині проводять дослідження з розробки інноваційних нанотехнологічних додатків для доставки фітохімічних речовин з метою підвищення їхньої біодоступності після перорального прийому. Такі наноформи, включаючи наноемульсії, наноліпосоми, нанокристали, ліпідні та полімерні наночастинок, забезпечують безліч переваг. Наявні дані показують, що біодоступність фітобіоактивних сполук, завантажених у наноносії, може бути у 5–10 разів вищою, ніж у нативних аналогів. Редокс-активні наночастинок з каталітичними властивостями або ферментоподібною активністю (нанозими) можуть ефективно вловлювати активні форми кисню та вибірково впливати на запалені ділянки завдяки опосередкованому надмалому розміру ефекту підвищеної проникності та утримування, демонструючи великий потенціал для регулювання запальних захворювань кишківника та підтримки гомеостазу кишкової мікробіоти [33].

Повідомлялося, що флавоноїди та їхні похідні, створені за допомогою нанотехнологій, потенційно можуть мати велике клінічне значення, з огляду на їхні очевидні імунотри-

мимувальні та лікарсько-сенситизувальні ефекти, що значно підвищують чутливість злоякісних клітин до протипухлинної терапії аж до повернення назад стійкості до протиракової терапії, це є перспективним підходом, що доповнює терапевтичні методи, які застосовують на сьогодні в онкології [26].

Висновки. Поліфеноли – це органічні сполуки, що характеризуються декількома фенольними (фенільні зв'язки з гідроксильною групою) одиницями. Вони містяться в рослинах, фруктах, шоколаді, бобових і таких напоях як чай і вино, і складаються з понад 8000 різних сполук, згрупованих у різні класи на основі їх хімічної структури. Поліфеноли є потужними антиоксидантами, здатними нейтралізувати вільні радикали і знижувати оксидативний стрес. Вони також сприяють підвищенню ендогенної антиоксидантної здатності через шлях Nrf2. Поліфеноли мають значний протизапальний ефект, інгібуючи ферменти, пов'язані із запаленням, та модулюючи передачу сигналів через NF- κ B. Поліфеноли покращують ендотеліальну функцію, знижуючи активність NADPH оксидази та індукуючи синтазу оксиду азоту, що сприяє збереженню біодоступності NO. Поліфеноли здатні впливати на епігенетичні механізми, такі як метилювання ДНК та модифікації гістонів, що може мати значний вплив на експресію генів. Поліфеноли можуть впливати на тренувальну адаптацію, активуючи ендогенні антиоксидантні системи, на відміну від традиційних антиоксидантних добавок. Поліфеноли можуть взаємодіяти з іншими біологічно активними сполуками, такими як мелатонін, посилюючи їх фармакокінетику та потенційно збільшуючи їх біодоступність. Отже, поліфеноли мають широкий спектр біологічних дій, що робить їх перспективними агентами для профілактики та лікування різних захворювань, а також для покращення загального здоров'я та довголіття.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бітюцький В.С., Цехмістренко І.С., Мельниченко Ю.О., Цехмістренко С.І. Сигнальний шлях Wnt, метаболізм Кальцію і Фосфору та регулююча роль флавоноїду кверцетину. Технології, інструменти та стратегії реалізації наукових досліджень. Дніпро, 2023. С. 97–100.
2. Екологічні біотехнології “зеленого” синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: наукова монографія / С.І. Цехмістренко та ін. Біла Церква. 2022. 270 с.
3. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С. Фізіологічна роль флавоноїдів та їх практичне використання. Інноваційні технології

в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Біла Церква, 2023. С. 67–69.

4. (–)-Epicatechin rich cocoa mediated modulation of oxidative stress regulators in skeletal muscle of heart failure and type 2 diabetes patients / I. Ramirez-Sanchez et al. *International journal of cardiology*. 2013. Vol. 168(4). P. 3982–3990. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.06.089

5. [43] Role of flavonoids and iron chelation in antioxidant action / I. Morel et al. *Methods in enzymology*. Academic Press. 1994. Vol. 234. P. 437–443. DOI: 10.1016/0076-6879(94)34114-1

6. An Nrf2/small Maf heterodimer mediates the induction of phase II detoxifying enzyme genes through antioxidant response elements / K. Itoh et al. *Biochemical and biophysical research communications*. 1997. Vol. 236(2). P. 313–322. DOI: 10.1006/bbrc.1997.6943

7. Anthocyanins and flavanones are more bioavailable than previously perceived: A review of recent evidence / C.D. Kay et al. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 8(1). P. 155–180. DOI: 10.1146/annurev-food-030216-025636

8. Bioactivities and mechanisms of dietary proanthocyanidins on blood pressure lowering: A critical review of in vivo and clinical studies / W. Fan et al. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Vol. 64(11). P. 3522–3538. DOI: 10.1080/10408398.2022.2132375

9. Bionanotechnological strategies for the synthesis of quercetin conjugates with selenium nanoparticles for their targeting of the Wnt/Ca²⁺ signaling pathway / V. Bityutskyy et al. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: зб-к наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2023. № 2(182). С. 100–107. DOI: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-100-107*

10. Bionanotechnologies: synthesis of metals'nanoparticles with using plants and their applications in the food industry: A review. / S. Tsekhmistenko et al. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2021. Vol. 10(6). e1513. DOI: 10.15414/jmbfs.1513

11. Birringer M. Hormetics: dietary triggers of an adaptive stress response. *Pharmaceutical research*. 2011. Vol. 28. P. 2680–2694. DOI: 10.1007/s11095-011-0551-1

12. Bors W., Michel C., Stettmaier K. Structure-activity relationships governing antioxidant capacities of plant polyphenols. *Methods in enzymology*. Academic Press. 2001. Vol. 335. P. 166–180. DOI: 10.1016/S0076-6879(01)35241-2

13. Bowtell J., Kelly V. Fruit-derived polyphenol supplementation for athlete recovery and performance. *Sports Medicine*. 2019. Vol. 49(Suppl 1). P. 3–23. DOI: 10.1007/s40279-018-0998-x

14. Chakrabarti S.K., Chattopadhyay D. Expanding Role of Epigenetics in Human Health and Disease. *Exploratory Research and Hypothesis in Medicine*. 2024. Vol. 9(3). P. 221–235. DOI: 10.14218/ERHM.2023.00086

15. Clifford M.N. Diet-derived phenols in plasma and tissues and their implications for health. *Planta medica*. 2004. Vol. 70(12). P. 1103–1114. DOI: 10.1055/s-2004-835835

16. Coffee-derived phenolic compounds activate Nrf2 antioxidant pathway in I/R injury in vitro model: A nutritional approach preventing age related-damages / E. Lonati et al. *Molecules*. 2022. Vol. 27(3). 1049 p. URL: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/3/1049#>

17. Crozier A., Del Rio D., Clifford M.N. Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. *Molecular aspects of medicine*. 2010. Vol. 31(6). P. 446–467. DOI: 10.1016/j.mam.2010.09.007

18. Curcumin down-regulates DNA methyltransferase 1 and plays an anti-leukemic role in acute myeloid leukemia / J. Yu et al. *PloS one*. 2013. Vol. 8(2). e55934. DOI: 10.1371/journal.pone.0055934

19. Dietary flavonoid and isoflavone glycosides are hydrolysed by the lactase site of lactase phlorizin hydrolase / A.J. Day et al. *FEBS letters*. 2000. Vol. 468(2–3). P. 166–170. DOI: 10.1016/S0014-5793(00)01211-4

20. Dietary polyphenols and chromatin remodeling / G.L. Russo et al. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. Vol. 57(12). P. 2589–2599. DOI: 10.1080/10408398.2015.1062353

21. Effects of food processing on polyphenol contents: A systematic analysis using Phenol Explorer data / J.A. Rothwell et al. *Molecular nutrition & food research*. 2015. Vol. 59(1). P. 160–170. DOI: 10.1002/mnfr.201400494

22. El-Hadary A.A.R.E., Sulieman A.M., El-Shorbagy G.A. Comparative the antioxidants characteristics of orange and potato peels extracts under differences in pressure and conventional extractions. 2022. P. 159–174. DOI: 10.34302/crpjfst/2022.14.1.13

23. Environmental growing conditions in five production systems induce stress response and affect chemical composition of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans / W. Niether et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2017. Vol. 65(47). P. 10165–10173. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04490

24. Epigenetics and oxidative stress in aging / A. Guillaumet-Adkins et al. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2017. Vol. 1. 9175806. DOI: 10.1155/2017/9175806

25. Estrogen receptor alpha as a key target of red wine polyphenols action on the endothelium / M. Chalopin et al. *PloS one*. 2010. Vol. 5(1). e8554. DOI: 10.1371/journal.pone.0008554

26. Flavonoids as an effective sensitizer for anti-cancer therapy: Insights into multi-faceted mechanisms and applicability towards individualized patient profiles / A. Liskova et al. *Epma Journal*. 2021. Vol. 12(2). P. 155–176. DOI: 10.1007/s13167-021-00242-5

27. Forman H.J., Davies K.J.A., Ursini F. How do nutritional antioxidants really work: nucleophilic tone and para-hormesis versus free

radical scavenging in vivo. *Free Radical Biology and Medicine*. 2014. Vol. 66. P. 24–35. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.05.045

28. Hidalgo M., Sánchez-Moreno C., de Pascual-Teresa S. Flavonoid–flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food chemistry*. 2010. Vol. 121(3). P. 691–696. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.097

29. How should we assess the effects of exposure to dietary polyphenols in vitro? / P.A. Kroon et al. *The American journal of clinical nutrition*. 2004. Vol. 80(1). P. 15–21. DOI: 10.1093/ajcn/80.1.15

30. Inhibitory effects of wild blueberry anthocyanins and other flavonoids on biomarkers of acute and chronic inflammation in vitro / D. Esposito et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. Vol. 62(29). P. 7022–7028. DOI: 10.1021/jf4051599

31. Intake and time dependence of blueberry flavonoid-induced improvements in vascular function: a randomized, controlled, double-blind, crossover intervention study with mechanistic insights into biological activity / A. Rodriguez-Mateos et al. *The American journal of clinical nutrition*. 2013. Vol. 98(5). P. 1179–1191. DOI: 10.3945/ajcn.113.066639

32. Jana S., Rastogi H. Effects of caffeic acid and quercetin on in vitro permeability, metabolism and in vivo pharmacokinetics of melatonin in rats: potential for herb-drug interaction. *European journal of drug metabolism and pharmacokinetics*. 2017. Vol. 42. P. 781–791. DOI: 10.1007/s13318-016-0393-7

33. Liang S., Tian X., Wang C. Nanozymes in the treatment of diseases caused by excessive reactive oxygen specie. *Journal of Inflammation Research*. 2022. P. 6307–6328. DOI: 10.2147/JIR.S383239

34. Lotito S.B., Frei B. The increase in human plasma antioxidant capacity after apple consumption is due to the metabolic effect of fructose on urate, not apple-derived antioxidant flavonoids. *Free Radical Biology and Medicine*. 2004. Vol. 37(2). P. 251–258. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2004.04.019

35. Maraldi T. Natural compounds as modulators of NADPH oxidases. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2013. Vol. 2013(1). P. 271602. DOI: 10.1155/2013/271602

36. Merry T.L., Ristow M. Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training? *The Journal of physiology*. 2016. Vol. 594(18). P. 5135–5147. DOI: 10.1113/JP270654

37. Nani A., Tehami W. Targeting inflammasome pathway by polyphenols as a strategy for pancreatitis, gastrointestinal and liver diseases management: an updated review. *Frontiers in Nutrition*. 2023. Vol. 10. P. 1157572. DOI: 10.3389/fnut.2023.1157572

38. Natural antioxidants for neuroinflammatory disorders and possible involvement of Nrf2 pathway: A review / S. Singh et al. *Heliyon*. 2021. Vol. 7(2). URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

39. New developments in AMPK and mTORC1 cross-talk / W.J. Smiles et al. *Essays in Biochemistry*. 2024. Vol. 68(3). P. 321–336. DOI: 10.1042/EBC20240007

40. Oracz J., Zyzelewicz D., Nebesny E. The content of polyphenolic compounds in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.), depending on variety, growing region, and processing operations: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2015. Vol. 55(9). P. 1176–1192. DOI: 10.1080/10408398.2012.686934

41. Peluso I., Raguzzini A., Serafini M. Effect of flavonoids on circulating levels of TNF α and IL6 in humans: a systematic review and metaanalysis. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2013. Vol. 57(5). P. 784–801. DOI: 10.1002/mnfr.201200721

42. Pinheiro R.G.R., Pinheiro M., Neves A.R. Nanotechnology innovations to enhance the therapeutic efficacy of quercetin. *Nanomaterials*. 2021. Vol. 11(10). P. 2658 p. URL: <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/10/2658#>

43. Polyphenolics from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) and red muscadine grape (*Vitis rotundifolia*) protect human umbilical vascular Endothelial cells (HUVEC) from glucose- and lipopolysaccharide (LPS)-induced inflammation and target microRNA-126 / G.D. Noratto et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. Vol. 59(14). P. 7999–8012. DOI: 10.1021/jf201056x

44. Polyphenols and human health: The role of bioavailability / C.Di Lorenzo et al. *Nutrients*. 2021. Vol. 13(1). P. 273 p. DOI: 10.3390/nu13010273

45. Polyphenols as NLRP3 inflammasome modulators in cardiometabolic diseases: a review of in vivo studies / M. Villalva et al. *Food & Function*. 2023. Vol. 14(21). P. 9534–9553. DOI: 10.1039/D3FO03015F

46. Polyphenols: Immunonutrients tipping the balance of immunometabolism in chronic diseases / C. Ferreira et al. *Frontiers in Immunology*. 2024. Vol. 15. P. 1360065. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1360065

47. Pon Matheswari P., Jenit Sharmila G., Murugan C. Green synthesis of selenium nanoparticles using *Delonix regia* and *Nerium oleander* flower extract and evaluation of their antioxidant and antibacterial activities. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*. 2024. Vol. 54(5). P. 488–499. DOI: 10.1080/24701556.2021.2025099

48. Quercetin regulates calcium and phosphorus metabolism through the Wnt signaling pathway in broilers / B. Wang et al. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 8. P. 786519. DOI: 10.3389/fvets.2021.786519

49. Ren Q., Sun S., Zhang X.D. Redox-active nanoparticles for inflammatory bowel disease. *Nano Research*. 2021. Vol. 14. P. 2535–2557. DOI: 10.1007/s12274-021-3303-5

50. Sanchez-Garrido J., Shenoy A.R. Regulation and repurposing of nutrient sensing and autophagy in innate immunity. *Autophagy*. 2021. Vol. 17(7). P. 1571–1591. DOI: 10.1080/15548627.2020.1783119

51. Selectivity of neutrophil 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase inhibition by an anti-inflammatory flavonoid glycoside and related aglycone flavonoids / M.A. Moroney et al. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 1988. Vol. 40(11). P. 787–792. DOI: 10.1111/j.2042-7158.1988.tb05173.x

52. Sies H. Total antioxidant capacity: appraisal of a concept. *The Journal of nutrition*. 2007. Vol. 137(6). P. 1493–1495. DOI: 10.1093/jn/137.6.1493

53. Synthesis of functionalized selenium nanoparticles with the participation of flavonoids / A. Demchenko et al. International Science Group. ISG-KONF. COM. Tokyo, Japan, 2022. P. 29–35. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.17

54. Synthesis of quercetin-functionalized silver nanoparticles by rapid one-pot approach / S. Pandian et al. *BioTechnologia*. 2021. Vol. 102(1). P. 75–84. DOI: 10.5114/bta.2021.103764

55. Tea polyphenol (–)-epigallocatechin-3-gallate inhibits DNA methyltransferase and reactivates methylation-silenced genes in cancer cell lines / M.Z. Fang et al. *Cancer research*. 2003. Vol. 63(22). P. 7563–7570.

56. The complexity of the Nrf2 pathway: beyond the antioxidant response / Y. Huang et al. *The Journal of nutritional biochemistry*. 2015. Vol. 26(12). P. 1401–1413. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2015.08.001

57. The Epigenetic Link between Polyphenols, Aging and Age-Related Diseases / I. Arora et al. *Genes (Basel)*. 2020. 11. 1094. DOI: 10.3390/genes11091094

58. Therapeutic potential of flavonoids in pain and inflammation: mechanisms of action, pre-clinical and clinical data, and pharmaceutical development / C.R. Ferraz et al. *Molecules*. 2020. Vol. 25(3). 762 p. URL: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/3/762#>

REFERENCES

1. Bitiutskyi, V.S., Tsekhmistrenko, I.S., Melnychenko, Yu.O., Tsekhmistrenko, S.I. (2023). Syhnalnyi shliakh Wnt, metabolizm Kaltsiu i Fosforu ta rehuliuucha rol flavonoidu kvertsetynu [Wnt signaling pathway, calcium and phosphorus metabolism and the regulatory role of the flavonoid quercetin]. *Tekhnolohii, instrumenty ta stratehii realizatsii naukovykh doslidzhen [Technologies, tools and strategies for implementing scientific research]*. Dnipro, pp. 97–100.

2. Tsekhmistrenko, S.I., Bitiutskyi, V.S., Tsekhmistrenko, O.S., Demchenko, O.A., Tymoshok, N.O., Melnychenko, O.M. (2022). Ekolohichni biotekhnolohii “zelenoho” syntezy nanochastynok metaliv, oksydiv metaliv, metaloidiv ta yikh vykorystannia: naukova monohrafiia [Environmental biotechnology of “green” synthesis of metal nanoparticles, metal oxides, metalloids and their use]. *Bila Tserkva*, 270 p.

3. Tsekhmistrenko, S.I., Bitiutskyi, V.S., Tsekhmistrenko, O.S. (2023). Fiziolohichna rol flavonoidiv ta yikh praktychne vykorystannia. Innovatsiini tekhnolohii v ahronomii, zemleustroi, elektroenerhetytsi, lisovomu ta sadovo-parkovomu hospodarstvi: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Physiological role of flavonoids and their practical use. Innovative technologies in agronomy, land management, power engineering, forestry and horticulture: materials of the international scientific and practical conference]. *Bila Tserkva*, pp. 67–69.

4. Ramirez-Sanchez, I., Taub, P.R., Ciaraldi, T.P., Nogueira, L., Coe, T., Perkins, G., Villarreal, F. (2013). (–)-Epicatechin rich cocoa mediated modulation of oxidative stress regulators in skeletal muscle of heart failure and type 2 diabetes patients. *International journal of cardiology*. Vol. 168(4), pp. 3982–3990. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.06.089

5. Morel, I., Lescoat, G., Cillard, P., Cillard, J. (1994). [43] Role of flavonoids and iron chelation in antioxidant action. In *Methods in enzymology*. Academic Press. Vol. 234, pp. 437–443. DOI: 10.1016/0076-6879(94)34114-1

6. Itoh, K., Chiba, T., Takahashi, S., Ishii, T., Igarashi, K., Katoh, Y., Nabeshima, Y.I. (1997). An Nrf2/small Maf heterodimer mediates the induction of phase II detoxifying enzyme genes through antioxidant response elements. *Biochemical and biophysical research communications*. Vol. 236(2), pp. 313–322. DOI: 10.1006/bbrc.1997.6943

7. Kay, C.D., Pereira-Caro, G., Ludwig, I.A., Clifford, M.N., Crozier, A. (2017). Anthocyanins and flavanones are more bioavailable than previously perceived: A review of recent evidence. *Annual Review of Food Science and Technology*. Vol. 8(1), pp. 155–180. DOI: 10.1146/annurev-food-030216-025636

8. Fan, W., Zong, H., Zhao, T., Deng, J., Yang, H. (2024). Bioactivities and mechanisms of dietary proanthocyanidins on blood pressure lowering: A critical review of in vivo and clinical studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 64(11), pp. 3522–3538. DOI: 10.1080/10408398.2022.2132375

9. Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, S., Demchenko, O., Tsekhmistrenko, O., Melnychenko, Yu., Kharchyshyn, V. (2023). Bionanotechnological strategies for the synthesis of quercetin conjugates with selenium nanoparticles for their targeting of the Wnt/Ca²⁺ signaling pathway. «Animal Husbandry Products Production and Processing». no. 2 (182), pp. 100–107. DOI: 10.33245/2310-9289-2023-182-2-100-107

10. Tsekhmistrenko, S., Bityutskyy, V., Tsekhmistrenko, O., Merzlo, S., Tymoshok, N., Melnychenko, A., Yakymenko, I. (2021). Bionanotechnologies: synthesis of metals’ nanoparticles with using plants and their applications in the food industry: A review. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. Vol. 10(6), e1513. DOI: 10.15414/jmbfs.1513

11. Birringer, M. (2011). Hormetics: dietary triggers of an adaptive stress response. *Pharmaceutical research*. Vol. 28, pp. 2680–2694. DOI: 10.1007/s11095-011-0551-1

12. Bors, W., Michel, C., Stettmaier, K. (2001). Structure-activity relationships governing antioxidant capacities of plant polyphenols. In *Methods in enzymology*. Academic Press. Vol. 335, pp. 166–180. DOI: 10.1016/S0076-6879(01)35241-2

13. Bowtell, J., Kelly, V. (2019). Fruit-derived polyphenol supplementation for athlete recovery and performance. *Sports Medicine*. Vol. 49 (Suppl 1), pp. 3–23. DOI: 10.1007/s40279-018-0998-x

14. Chakrabarti, S.K., Chattopadhyay, D. (2024). Expanding Role of Epigenetics in Human

Health and Disease. Exploratory Research and Hypothesis in Medicine. Vol. 9(3), pp. 221–235. DOI: 10.14218/ERHM.2023.00086

15. Clifford, M.N. (2004). Diet-derived phenols in plasma and tissues and their implications for health. *Planta medica*. Vol. 70(12), pp. 1103–1114. DOI: 10.1055/s-2004-835835

16. Lonati, E., Carrozzini, T., Bruni, I., Mena, P., Botto, L., Cazzaniga, E., Bulbarelli, A. (2022). Coffee-derived phenolic compounds activate Nrf2 antioxidant pathway in I/R injury in vitro model: A nutritional approach preventing age related-damages. *Molecules*. Vol. 27(3), 1049 p. Available at: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/3/1049#>

17. Crozier, A., Del Rio, D., Clifford, M.N. (2010). Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. *Molecular aspects of medicine*. Vol. 31, no. 6, pp. 446–467. DOI: 10.1016/j.mam.2010.09.007

18. Yu, J., Peng, Y., Wu, L.C., Xie, Z., Deng, Y., Hughes, T., Liu, Z. (2013). Curcumin down-regulates DNA methyltransferase 1 and plays an anti-leukemic role in acute myeloid leukemia. *PloS one*. Vol. 8(2), e55934. DOI: 10.1371/journal.pone.0055934

19. Day, A.J., Cañada, F.J., Díaz, J.C., Kroon, P.A., Mclauchlan, R., Faulds, C.B., Williamson, G. (2000). Dietary flavonoid and isoflavone glycosides are hydrolysed by the lactase site of lactase phlorizin hydrolase. *FEBS letters*. Vol. 468(2–3), pp. 166–170. DOI: 10.1016/S0014-5793(00)01211-4

20. Russo, G.L., Vastolo, V., Ciccarelli, M., Albano, L., Macchia, P.E., Ungaro, P. (2017). Dietary polyphenols and chromatin remodeling. *Critical reviews in food science and nutrition*. Vol. 57(12), pp. 2589–2599. DOI: 10.1080/10408398.2015.1062353

21. Rothwell, J.A., Medina, Remón, A., Pérez, Jiménez, J., Neveu, V., Knaze, V., Slimani, N., Scalbert, A. (2015). Effects of food processing on polyphenol contents: A systematic analysis using Phenol Explorer data. *Molecular nutrition & food research*. Vol. 59(1), pp. 160–170. DOI: 10.1002/mnfr.201400494

22. El-Hadary, A.A.R., Sulieman, A.M., El-Shorbagy, G.A. (2022). Comparative the antioxidants characteristics of orange and potato peels extracts under differences in pressure and conventional extractions. pp. 159–174. DOI: 10.34302/crp-jfst/2022.14.1.13

23. Niether, W., Smit, I., Armengot, L., Schneider, M., Gerold, G., Pawelzik, E. (2017). Environmental growing conditions in five production systems induce stress response and affect chemical composition of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol. 65(47), pp. 10165–10173. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04490

24. Guillaumet-Adkins, A., Yañez, Y., Peris-Díaz, M.D., Calabria, I., Palanca-Ballester, C., Sandoval, J. (2017). Epigenetics and oxidative stress in aging. *Oxidative medicine and cellular longevity*. Vol. 1, 9175806. DOI: 10.1155/2017/9175806

25. Chalopin, M., Tesse, A., Martínez, M. C., Rognan, D., Arnal, J.F., Andriantsitohaina, R. (2010). Estrogen receptor alpha as a key target of red wine

polyphenols action on the endothelium. *PloS one*. Vol. 5(1), e8554. DOI: 10.1371/journal.pone.0008554

26. Liskova, A., Samec, M., Koklesova, L., Brockmueller, A., Zhai, K., Abdellatif, B., Kubatka, P. (2021). Flavonoids as an effective sensitizer for anti-cancer therapy: Insights into multi-faceted mechanisms and applicability towards individualized patient profiles. *Epma Journal*. Vol. 12(2), pp. 155–176. DOI: 10.1007/s13167-021-00242-5

27. Forman, H.J., Davies, K.J., Ursini, F. (2014). How do nutritional antioxidants really work: nucleophilic tone and para-hormesis versus free radical scavenging in vivo. *Free Radical Biology and Medicine*. Vol. 66, pp. 24–35. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.05.045

28. Hidalgo, M., Sánchez-Moreno, C., de Pascual-Teresa, S. (2010). Flavonoid–flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food chemistry*. Vol. 121(3), pp. 691–696. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.097

29. Kroon, P.A., Clifford, M.N., Crozier, A., Day, A.J., Donovan, J.L., Manach, C., Williamson, G. (2004). How should we assess the effects of exposure to dietary polyphenols in vitro? *The American journal of clinical nutrition*. Vol. 80(1), pp. 15–21. DOI: 10.1093/ajcn/80.1.15

30. Esposito, D., Chen, A., Grace, M.H., Komarnytsky, S., Lila, M.A. (2014). Inhibitory effects of wild blueberry anthocyanins and other flavonoids on biomarkers of acute and chronic inflammation in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 62(29), pp. 7022–7028. DOI: 10.1021/jf4051599

31. Rodriguez-Mateos, A., Rendeiro, C., Bergillos-Meca, T., Tabatabaee, S., George, T.W., Heiss, C., Spencer, J.P. (2013). Intake and time dependence of blueberry flavonoid–induced improvements in vascular function: a randomized, controlled, double-blind, crossover intervention study with mechanistic insights into biological activity. *The American journal of clinical nutrition*. Vol. 98(5), pp. 1179–1191. DOI: 10.3945/ajcn.113.066639

32. Jana, S., Rastogi, H. (2017). Effects of caffeic acid and quercetin on in vitro permeability, metabolism and in vivo pharmacokinetics of melatonin in rats: potential for herb-drug interaction. *European journal of drug metabolism and pharmacokinetics*. Vol. 42, pp. 781–791. DOI: 10.1007/s13318-016-0393-7

33. Liang, S., Tian, X., Wang, C. (2022). Nanozymes in the Treatment of Diseases Caused by Excessive Reactive Oxygen Species. *Journal of Inflammation Research*. pp. 6307–6328. DOI: 10.2147/JIR.S383239

34. Lotito, S.B., Frei, B. (2004). The increase in human plasma antioxidant capacity after apple consumption is due to the metabolic effect of fructose on urate, not apple-derived antioxidant flavonoids. *Free Radical Biology and Medicine*. Vol. 37(2), pp. 251–258. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2004.04.019

35. Maraldi, T. (2013). Natural compounds as modulators of NADPH oxidases. *Oxidative medicine and cellular longevity*. Vol. 2013(1), 271602. DOI: 10.1155/2013/271602

36. Merry, T.L., Ristow, M. (2016). Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training? *The Journal of physiology*. Vol. 594(18), pp. 5135–5147. DOI: 10.1113/JP270654
37. Nani, A., Tehami, W. (2023). Targeting inflammasome pathway by polyphenols as a strategy for pancreatitis, gastrointestinal and liver diseases management: an updated review. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 10, 1157572. DOI: 10.3389/fnut.2023.1157572
38. Singh S., Nagalakshmi D., Sharma K.K., Ravichandiran V. (2021). Natural antioxidants for neuroinflammatory disorders and possible involvement of Nrf2 pathway: *Heliyon*. Vol. 7(2), e06216. Available at: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
39. Smiles, W.J., Ovens, A.J., Kemp, B.E., Galic, S., Petersen, J., Oakhill, J. S. (2024). New developments in AMPK and mTORC1 cross-talk. *Essays in Biochemistry*. Vol. 68(3), pp. 321–336. DOI: 10.1042/EBC20240007
40. Oracz, J., Zyzelewicz, D., Nebesny, E. (2015). The content of polyphenolic compounds in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.), depending on variety, growing region, and processing operations: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. Vol. 55(9), pp. 1176–1192. DOI: 10.1080/10408398.2012.686934
41. Peluso, I., Raguzzini, A., Serafini, M. (2013). Effect of flavonoids on circulating levels of TNF α and IL6 in humans: a systematic review and metaanalysis. *Molecular Nutrition & Food Research*. Vol. 57(5), pp. 784–801. DOI: 10.1002/mnfr.201200721
42. Pinheiro, R.G., Pinheiro, M., Neves, A.R. (2021). Nanotechnology innovations to enhance the therapeutic efficacy of quercetin. *Nanomaterials*. Vol. 11(10), 2658. Available at: <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/10/2658#>
43. Noratto, G.D., Angel-Morales, G., Talcott, S.T., Mertens-Talcott, S.U. (2011). Polyphenolics from acai (*Euterpe oleracea* Mart.) and red muscadine grape (*Vitis rotundifolia*) protect human umbilical vascular Endothelial cells (HUVEC) from glucose-and lipopolysaccharide (LPS)-induced inflammation and target microRNA-126. *Journal of agricultural and food chemistry*. Vol. 59(14), pp. 7999–8012. DOI: 10.1021/jf201056x
44. Di Lorenzo, C., Colombo, F., Biella, S., Stockley, C., Restani, P. (2021). Polyphenols and human health: The role of bioavailability. *Nutrients*. Vol. 13(1), 273 p. DOI: 10.3390/nu13010273
45. Villalva, M., Martínez-García, J.J., Jaime, L., Santoyo, S., Pelegrín, P., Pérez-Jiménez, J. (2023). Polyphenols as NLRP3 inflammasome modulators in cardiometabolic diseases: a review of in vivo studies. *Food & Function*. Vol. 14(21), pp. 9534–9553. DOI: 10.1039/D3FO03015F
46. Ferreira, C., Vieira, P., Sá, H., Malva, J., Castelo-Branco, M., Reis, F., Viana, S. (2024). Polyphenols: Immunonutrients tipping the balance of immunometabolism in chronic diseases. *Frontiers in Immunology*. Vol. 15, 1360065. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1360065
47. Pon Matheswari, P., Jenit Sharmila, G., Murugan, C. (2024). Green synthesis of selenium nanoparticles using *Delonix regia* and *Nerium oleander* flower extract and evaluation of their antioxidant and antibacterial activities. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*. Vol. 54(5), pp. 488–499. DOI: 10.1080/24701556.2021.2025099
48. Wang, B., Wang, S., Ding, M., Lu, H., Wu, H., Li, Y. (2022). Quercetin regulates calcium and phosphorus metabolism through the Wnt signaling pathway in broilers. *Frontiers in Veterinary Science*. Vol. 8, 786519. DOI: 10.3389/fvets.2021.786519
49. Ren, Q., Sun, S., Zhang, X.D. (2021). Redox-active nanoparticles for inflammatory bowel disease. *Nano Research*. Vol. 14(8), pp. 2535–2557. DOI: 10.1007/s12274-021-3303-5
50. Sanchez-Garrido, J., Shenoy, A.R. (2021). Regulation and repurposing of nutrient sensing and autophagy in innate immunity. *Autophagy*. Vol. 17(7), pp. 1571–1591. DOI: 10.1080/15548627.2020.1783119
51. Moroney, M.A., Alcaraz, M.J., Forder, R.A., Carey, F., Hoult, J.R.S. (1988). Selectivity of neutrophil 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase inhibition by an anti-inflammatory flavonoid glycoside and related aglycone flavonoids. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. Vol. 40(11), pp. 787–792. DOI: 10.1111/j.2042-7158.1988.tb05173.x
52. Sies, H. (2007). Total antioxidant capacity: appraisal of a concept. *The Journal of nutrition*. Vol. 137(6), pp. 1493–1495. DOI: 10.1093/jn/137.6.1493
53. Demchenko, A., Bityutskii, V., Tsekhmistrenko, S., Tsekhmistrenko, O., Kharchyshyn, V. (2022). Synthesis of functionalized selenium nanoparticles with the participation of flavonoids. *International Science Group. ISG-KONF. Tokyo, Japan*, pp. 29–35. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.17
54. Pandian, S., Kunjiappan, S., Ravishankar, V., Sundarapandian, V. (2021). Synthesis of quercetin functionalized silver nanoparticles by rapid one-pot approach. *BioTechnologia*. Vol. 102(1), pp. 75–84. DOI: 10.5114/bta.2021.103764
55. Fang, M.Z., Wang, Y., Ai, N., Hou, Z., Sun, Y., Lu, H., Yang, C.S. (2003). Tea polyphenol (–)-epigallocatechin-3-gallate inhibits DNA methyltransferase and reactivates methylation-silenced genes in cancer cell lines. *Cancer research*. Vol. 63(22), pp. 7563–7570.
56. Huang, Y., Li, W., Su, Z.Y., Kong, A.N.T. (2015). The complexity of the Nrf2 pathway: beyond the antioxidant response. *The Journal of nutritional biochemistry*. Vol. 26(12), pp. 1401–1413. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2015.08.001
57. Arora, I., Sharma, M., Sun, L.Y., Tollefsbol, T.O. (2020). The Epigenetic Link between Polyphenols, Aging and Age-Related Diseases. *Genes (Basel)*. no. 11, 1094. DOI: 10.3390/genes11091094
58. Ferraz, C.R., Carvalho, T.T., Manchope, M.F., Artero, N.A., Rasquel-Oliveira, F.S., Fattori, V., Verri, Jr W.A. (2020). Therapeutic potential of flavonoids in pain and inflammation: mechanisms of action, pre-clinical and clinical data, and pharmaceutical development. *Molecules*. Vol. 25(3), 762 p. Available at: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/3/762#>

Bionanotechnological innovations to improve the bioavailability of flavonoid polyphenols: a review**Bityutskyy V., Tsekhmistrenko S., Polishchuk V., Melnychenko Yu., Polishchuk S.**

The study is devoted to a comprehensive analysis of flavonoid polyphenolic compounds, which play an important role in the regulation of key biological processes in the organism. These compounds have numerous functions, including antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, and epigenetic effects. Due to their ability to interact with a variety of biomolecules, polyphenols are involved in the modulation of signaling, which helps to reduce oxidative stress and improve cellular homeostasis. However, their use is limited by low bioavailability caused by complex metabolic processes and insufficient stability during transportation and storage.

The bionanotechnological approaches aimed at optimizing the delivery and efficacy of polyphenols are considered. Innovative nanoparticle-based systems that improve the stability and absorption of these compounds in body tissues have been an-

alyzed. Flavonoid-modified nanoparticles provide targeted action and prolonged release of bioactive substances.

The study focuses on the effect of polyphenols on the regulation of Nrf2, AMPK and mTOR signaling pathways responsible for adaptation to oxidative stress, metabolic balance and immune system support. Their role in modulating epigenetic processes, such as DNA methylation and histone modification, is also considered, which is important for the long-term regulation of genetic activity and adaptive responses of the body.

The results of the study indicate a significant potential of nanotechnology using to increase the bioavailability of polyphenols. The development of nanoforms for the delivery of phytonutrients contributes to the creation of functional foods and medicines. The use of nanoparticles can also reduce side effects and increase the bioefficiency of active components.

Key words: polyphenols, antioxidant properties, anti-inflammatory properties, endothelial function, Nrf2 pathway, gut microbiota, absorption, metabolism, epigenetic changes, cyclooxygenase.



Copyright: Бітюцький 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:**

Бітюцький В.С.	https://orcid.org/0000-0002-2699-3974
Цехмістренко С.І.	https://orcid.org/0000-0002-7813-6798
Поліщук В.М.	https://orcid.org/0000-0002-0602-6100
Мельниченко Ю.О.	https://orcid.org/0000-0002-1324-0762
Поліщук С.А.	https://orcid.org/0000-0001-6716-848X

АГРОНОМІЯ

УДК 633.15:631.53.04:631.559

**Вплив строків сівби на продуктивність
гібридів кукурудзи різних груп стиглості: огляд****Городиська І.М.** , **Стукало Б.В.** *Інститут агроєкології і природокористування НААН* E-mail: anni0479@gmail.com

Городиська І.М., Стукало Б.В. Вплив строків сівби на продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості: огляд. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 31–39.

Horodyska I., Stukalo B. The influence of sowing times on the productivity of corn hybrids of different maturity groups: a review. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 31–39.

Рукопис отримано: 28.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-31-39

Кукурудза – одна з найбільш поширених сільськогосподарських культур у світі. Її вирощують на всіх континентах на площі понад 200 млн гектарів щорічно. Виробництво зерна цієї культури зосереджено у 10 основних країнах. Провідними країнами виробництва кукурудзи є Китай та Сполучені Штати Америки, де під нею зайнято відповідно понад 44 та 35 млн гектарів, а середня врожайність зерна становить 6,5 та 11,0 т/га. В Україні є всі необхідні умови для виробництва кукурудзи, зокрема родючі ґрунти, сприятливий клімат та сучасні агротехнології. Завдяки цим перевагам країна входить до числа провідних світових виробників та експортерів кукурудзи. Щорічно Україна експортує значні обсяги кукурудзи, забезпечуючи продуктом понад 30 % країн Європи, Азії та Північної Африки. За даними 2024 року, обсяги експорту кукурудзи перевищували 28 млн т на рік, що робить Україну одним із ключових гравців на світовому ринку зернових культур.

Кукурудза є сировиною для переробної промисловості, цінною продовольчою та найважливішою кормовою культурою. Для отримання високих урожаїв та покращення якості зерна цієї культури необхідне впровадження ефективних агротехнологій, що включають оптимізацію системи живлення та захисту рослин, обробіток ґрунту тощо.

Особливу роль у підвищенні продуктивності кукурудзи відіграє правильний підбір гібридів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов регіону. Вибір гібридів із високим потенціалом врожайності, стійкістю до хвороб, шкідників та несприятливих погодних чинників є запорукою отримання високих урожаїв.

Водночас важливим є дотримання оптимальних строків висіву, адже своєчасний посів сприяє формуванню потужної кореневої системи, рівномірним сходам і оптимальному розвитку рослин. Несвоєчасний посів може призвести до зниження врожайності через негативний вплив посухи, затяжні дощі, поширення хвороб тощо.

Тому нині досить актуальними є наукові дослідження, пов'язані з удосконаленням агротехніки вирощування нових гібридів кукурудзи, зокрема визначення оптимальних строків їх сівби.

Ключові слова: врожайність, біометричні показники, групи стиглості, ФАО, вологість насіння, тривалість вегетаційного періоду.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Згідно з Державним реєстром сортів рослин, придатних для поширення в Україні зареєстровано 1645 гібридів та сортів кукурудзи [4]. Вибір оптимального гібрида для конкретної зони вирощування України базується на ретельному аналізі його адаптаційних властивостей та агрокліматичних умов регіону. Ключовим параметром, який слід враховувати за підбору гібридів, є показник ФАО – індекс скоростиглості кукурудзи, запроваджений ФАО (Food and Agricultural Organization – Організація із продовольства і сільського господарства) при Організації Об'єднаних Націй. Він визначає групу стиглості культури, тривалість її вегетаційного періоду та придатність до вирощування у певному кліматичному поясі.

В Україні вирощують гібриди, які за класифікацією ФАО належать до п'яти груп стиглості та відрізняються між собою характеристиками й особливостями обробітку. Ці групи включають ранньостиглі (ФАО 100-199), середньоранні (ФАО 200-299), середньостиглі (ФАО 300-399), середньопізні (ФАО 400-499) та пізньостиглі (ФАО 500 і більше) гібриди [5]. Кожна з цих груп має свої переваги та оптимальні зони вирощування. Наприклад,

ультраранні та ранньостиглі гібриди підходять для регіонів із коротким вегетаційним періодом або для повторних посівів. Вони забезпечують швидке досягання і дозволяють мінімізувати витрати на сушіння зерна. Середньостиглі та середньопізні гібриди, своєю чергою, демонструють вищий потенціал урожайності, однак потребують довшого вегетаційного періоду та більш інтенсивного догляду (рис. 1).

Вибір гібрида залежить не лише від кліматичних умов, а також від мети вирощування: виробництва зерна, силосу або комбінованого використання. Також важливо враховувати такі чинники як стійкість до хвороб і шкідників, толерантність до стресових умов і потреби у воді. Комплексний підхід до підбору гібридів дозволяє максимально ефективно використовувати природно-кліматичний потенціал регіону, забезпечуючи стабільно високі врожаї кукурудзи.

Важливе значення для отримання високих та стабільних урожаїв кукурудзи має дотримання оптимальних строків сівби. Останні визначаються низкою чинників, серед яких ключовими є температура ґрунту, вологезабезпечення, тривалість вегетаційного періоду гібридів та погодні умови конкретного регіону.



Рис. 1. Зони вирощування кукурудзи за групами стиглості [6].

Своєчасна сівба дозволяє рослинам максимально використати сприятливі умови для проростання, формування потужної кореневої системи та накопичення біомаси. За ранніх строків сівби можна уникнути негативного впливу літньої посухи на критичних фазах розвитку рослин, таких як цвітіння та налив зерна. Проте надто рання сівба у холодний ґрунт може призвести до уповільнення проростання насіння, ураження хворобами або навіть зрідження посівів.

З іншого боку, запізнити строки сівби нерідко призводить до того, що рослини потрапляють у несприятливі умови на початкових етапах розвитку, а це знижує їх продуктивність і якість врожаю. Оптимальним вважається висівання насіння, коли температура ґрунту на глибині 5–7 см досягає $+8-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, що забезпечує швидке проростання та дружні сходи [1–3, 7, 8].

Метою досліджень було вивчення та аналіз даних щодо оптимальних строків висіву гібридів різних груп стиглості для підвищення врожайності та якості кукурудзи.

Матеріал і методи досліджень. Матеріалом для роботи слугував порівняльний аналіз статистичних даних, досліджень вітчизняних науковців, які стосуються проблем вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості за різних строків висіву насіння.

Результати дослідження та обговорення. Дотримання оптимальних строків сівби, враховуючи групу стиглості гібридів та погодні умови сезону, є важливою складовою ефективної технології вирощування кукурудзи, що забезпечує підвищення урожайності та покращення якості зерна.

У науковій літературі, як вітчизняній, так і зарубіжній, відсутній єдиний погляд щодо оптимальних строків для початку сівби кукурудзи. Одні дослідники рекомендують висівати насіння за температури ґрунту на глибині загортання $+6-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, обґрунтовуючи це можливістю отримання більш ранніх і дружніх сходів. Інші вчені вважають, що головною перевагою ранньої сівби у порівнянні із пізнішою є оптимальне поглинання та використання ґрунтової вологи рослинами. Крім того, за своєчасного висіву рослини проходять такі важливі фази фізіологічного розвитку як воскова та фізіологічна стиглість зерна, у сприятливих погодних умовах, що позитивно позначається на кінцевій продуктивності культури [5].

З огляду на відсутність єдності в наукових джерелах було здійснено ґрунтовний аналіз останніх досліджень і публікацій, присвяче-

них питанням впливу строків сівби на ріст, розвиток і продуктивність кукурудзи, з метою узагальнення наукових підходів і виявлення найбільш ефективних агротехнічних рішень.

Цій проблематиці приділяли значну увагу науковці з різних науково-дослідних установ України, зокрема Інституту зернових культур НААН, Інституту сільського господарства степової зони, Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, Подільської державної аграрно-технічної академії, а також профільних кафедр провідних аграрних університетів. Їхні напрацювання охоплюють широкий спектр ґрунтово-кліматичних умов, що дозволяє глибше оцінити вплив строків сівби на адаптивний потенціал і продуктивність різних гібридів кукурудзи.

В.В. Гангур, Л.С. Єремко, О.І. Лень, В.В. Руденко [9] вивчали вплив строків сівби гібридів різних груп стиглості на тривалість міжфазних періодів, біометричні показники, продуктивність та якість кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України. Результатами досліджень встановлено, що зміщення строків сівби на пізніші дати призводить до скорочення тривалості, як окремих міжфазних періодів, так і загального вегетаційного періоду гібридів кукурудзи. Тривалість вегетаційного періоду була максимальною у середньостиглого гібрида ДН Джулія за раннього строку сівби ($t\text{ ґрунту} +8-0\text{ }^{\circ}\text{C}$) й становила 127 діб, тимчасом найкоротший період спостерігався у ранньостиглого ДН Патріот і середньораннього ДН Фіеста за пізнього строку сівби ($t\text{ ґрунту} +14-16\text{ }^{\circ}\text{C}$) – 108 та 107 діб відповідно. Найвищі показники висоти рослин у фазу цвітіння волотей у згаданих вище гібридів кукурудзи були максимальними за раннього строку сівби, досягаючи відповідно 239, 245, 246 см. За пізнішого висіву спостерігалось зменшення висоти рослин. Продуктивність та якість насіння кукурудзи також залежали від строків сівби. Зокрема, маса 1000 зерен за раннього строку становила: 264,0 г у гібрида ДН Патріот, 270 г – у ДН Фіеста та 257 г – у ДН Джулія. Сівба у другий ($t\text{ ґрунту} +10-12\text{ }^{\circ}\text{C}$) та третій строки за несприятливих умов зволоження ґрунту та температури у період наливу зерна призвела до зменшення цього показника на 1–9 г і 9–13 г відповідно. Зміщення строків сівби кукурудзи на більш пізні терміни спричинило зниження врожайності. Зокрема, за третього строку сівби, встановлено зниження продуктивності гібридів різних груп стиглості кукурудзи на 0,67–0,89 т/га, у порівнянні з раннім висівом – 6,03–7,39 т/га т/га.

Отримані дані досліджень знаходять підтвердження і в працях О.С. Дробіт, яка вивчала особливості формування врожайності гібридів кукурудзи: ранньостиглого Тендра, середньораннього Скадовський, середньостиглого Каховський у різні строки сівби рослин (II, III декади квітня та I декаду травня) в умовах Південного Степу України [10].

У результаті досліджень встановлено, що тривалість проходження періоду сходи–фізіологічна стиглість найкоротша була за пізнього посіву – I декада травня, максимальною – за раннього строку сівби у II декаду квітня та мала суттєві відмінності між групами стиглості гібридів, що пояснюється їх біологічними особливостями. Зокрема, найдовший термін проходження періоду сходи–фізіологічна стиглість 123,5 діб встановлено у середньостиглого Каховський, 115,2 діб – у середньораннього гібрида Скадовський, а найкоротший 105,8 діб – у ранньостиглого гібрида Тендра.

Для детальнішого дослідження впливу строків сівби на морфометричні показники культури було проведено статистичну обробку даних за допомогою дисперсійного аналізу. Зокрема, оцінено частку впливу строків сівби кукурудзи на висоту рослин, площу листової поверхні, накопичення наземної маси та показник чистої продуктивності фотосинтезу. Результати дисперсійного аналізу підтвердили, що найбільший вплив на висоту рослин, площу листової поверхні, накопичення сировини та сухої маси, показник чистої продуктивності фотосинтезу мав саме гібридний склад культури: частка його впливу становила відповідно – 84,2; 69,5; 72,3; 59,8; 61,4 %. Строки сівби мали значно менший вплив – 10,0; 15,2; 12,7; 26,2; 24,7 % відповідно. Важливим аспектом подальших досліджень О.С. Дробіт стало вивчення впливу строків сівби та гібридів різних груп стиглості на врожайність і якість кукурудзи. Найвищий показник врожайності зерна кукурудзи сформував середньостиглий гібрид Каховський за сівби в III декаду квітня – 13,69 т/га. Якісні показники, а саме вміст білка, крохмалю та жиру в зерні гібридів кукурудзи також найвищими були за сівби в III декаду квітня. Стосовно генотипового складу, дані показники якості насіння відрізнялися залежно від групи стиглості [10].

Науковці з Інституту сільського господарства степової зони НААН України аналізували вплив строків сівби на продуктивність та вологість зерна гібридів кукурудзи. Оцінювали гібриди кукурудзи української селекції Почаївський 190 МВ (ранньостиглий), Яровець 243

МВ (середньоранній), Красилів 327 МВ (середньостиглий) і Бистриця 400 МВ (середньопізній) за різними строками посіву: перший – за температури ґрунту 8–10 °С на глибині загортання насіння (II декада квітня), другий (I декада травня) та третій (II декада травня) – через 10 та 20 діб після першого посіву. Результати досліджень показали, що чим пізніше відбувалася сівба, тим нижчою була врожайність зерна гібридів кукурудзи. Найбільший рівень врожайності зерна спостерігався за сівби у II декаду квітня – 3,94–4,62 т/га. За пізніших строків сівби, зокрема у I декаду травня, врожайність зерна варіювала від 3,66 до 4,17 т/га. Висів насіння у II декаду травня призводив до подальшого зниження врожайності – від 2,93 до 3,65 т/га. Найвищий рівень врожайності за всіх строків сівби показав середньостиглий гібрид Красилів 327 МВ – 4,17; 3,67; 3,65 т/га. Натомість середньоранній гібрид Яровець 243 МВ продемонстрував найменшу врожайність – 3,96; 3,71; 2,93 т/га відповідно. Показник вологості зерна кукурудзи є важливим індикатором його якості. В середньому за роки досліджень цей показник залежав як від строків посіву, так і групи стиглості гібрида. Найнижча вологість зерна кукурудзи була у гібридів з меншим періодом вегетації – Почаївський 190 МВ та Яровець 243 МВ і за посіву у більш ранні строки – 13,2–14,0 % та 12,8–14,2 % відповідно. Зерно середньопізнього гібрида Бистриця 400 МВ, що має найвищі показники вологості в усі строки посіву (17,0–23,5 %), потребує додаткового сушіння для досягнення оптимального рівня вологості для зберігання та переробки [11].

Ж.А. Молдован та С.І. Собчук досліджували, як строки сівби (III декада квітня та I, II декади травня) впливають на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості (ранньостиглого – Квітневий 187 МВ, середньоранніх – Оржиця 237 МВ, ДН Галатея, середньостиглого – Красилів 327 МВ) в умовах Західного Лісостепу (Хмельницька область) [12]. В результаті досліджень встановлено, що найсприятливіші умови для росту кукурудзи та формування врожайності спостерігаються за ранніх строків сівби, зокрема в третю декаду квітня. Найбільші показники урожайності відмічено у середньостиглих та середньоранніх гібридів.

Вчені з Полтавського аграрного університету вивчали вплив строків сівби (20 квітня, 1 травня, 10 травня) на польову схожість, висоту рослин та урожайність у згаданих вище гібридів кукурудзи, але вже в умовах Лівобережного Лісостепу. Зокрема, польова

схожість насіння була найвищою (89,3; 94,8; 91,8 %), а тривалість періоду від сівби до сходів була найменшою (14; 10; 9 діб) у ранньостиглого гібрида Квітневий 187 МВ за всіма строками сівби. У середньораннього гібрида Оржиця 237 МВ насіння проростало довше і польова схожість зменшилась на 3,0–3,3 % у порівнянні з ранньостиглим гібридом Квітневий 187 МВ. Найвищу урожайність кукурудзи отримано за висіву зерна 1 травня (7,19–7,27 т/га). Серед гібридів, Оржиця 237 МВ, мав найвищі показники врожайності за всіх термінів посіву – 7,02–7,27 т/га [13].

В умовах Лівобережного Лісостепу, у Полтавській області займалися вивченням аналогічних питань науковці О. Бараболя та І. Косенко, однак для дослідження було вибрано середньостиглі гібриди виробництва Монсанто – ДКС 3939 (ФАО 320), ДКС 4408 (ФАО 340) [14]. Аналізуючи результати, науковці дійшли висновку, що визначати строки сівби кукурудзи потрібно не за фіксованими календарними датами, а з урахуванням актуальних погодних умов, а саме за температури ґрунту +10 °С та за достатнього рівня вологості. У зв'язку з кліматичною нестабільністю нераціонально щороку проводити посів у ті самі календарні строки. Натомість ефективнішим підходом є щорічний аналіз вмісту вологості в ґрунті та температурних показників для визначення найбільш сприятливого строку для сівби. Зокрема, найвищу врожайність середньостиглих гібридів ДКС 3939, ДКС 4408 – 98,7–112,4 та 93–114,5 ц/га відповідно, отримано за пізнього строку посіву, завдяки оптимальному тепловому режиму ґрунту та достатній кількості вологості на початку вегетації кукурудзи.

За даними Є.О. Базиленко, Т.Ю. Марченко строки сівби кукурудзи суттєво впливають на біометричні показники рослин гібридів кукурудзи, а саме на висоту рослин та висоту кріплення продуктивного качана [15]. Вивчали різні за групами ФАО гібриди кукурудзи селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН від раннього посіву (15 квітня) до пізнього (15 травня). У дослідженнях проведених в умовах Південного Степу України встановлено, що найбільші показники висоти рослин зафіксовано за сівби 25 квітня та 5 травня. За підвищення температури повітря та дефіциту вологості в ґрунті, особливо у пізні строки посіву (5–15 травня), відбувалося зниження висоти рослин у гібридів усіх груп стиглості. Гібриди Тронка (ФАО 380) та Гілея (ФАО 420) продемонстрували найвищу чутливість до зміщення строків сівби на більш пізні періоди.

Висота кріплення продуктивного качана змінювалась залежно від строків сівби та генетичних особливостей гібрида. Зокрема, цей показник в ранньостиглого гібрида Степовий (ФАО 190) у середньому становив за сівби: 15 квітня – 103,3; 25 квітня – 103,0; 5 травня – 100,6; 15 травня – 99,6 см; у гібрида Олешківський (ФАО 280) – 105,0; 107,0; 106,6; 105,3 см відповідно; у гібрида Тронка (ФАО 380) – 105,6; 109,3; 108,3; 101,6 см відповідно; у гібрида Гілея (ФАО 420) – 112,3; 113,3; 111,6; 106,0 см відповідно.

На підставі отриманих даних авторами зроблено висновок, що ключовим чинником, який визначає врожайність кукурудзи, є група стиглості гібрида (частка впливу 42 %). Висота рослин, своєю чергою, опосередковано впливає на цей показник через потенційну продуктивність генотипів із вищим значенням ФАО.

Є.О. Базиленко та Т.Ю. Марченко [16] у своїх дослідженнях також дійшли до висновку, що низька збиральна вологість зерна кукурудзи, здебільшого, залежить від скороченої тривалості вегетаційного періоду, зокрема чинник ранньостиглості є вирішальним. Найвищі показники вологості зерна кукурудзи у всіх досліджуваних гібридів визначено за сівби 15 травня – 14,2–25,6 %, тимчасом найнижчі значення спостерігалися за раннього строку сівби – 15 квітня – 12,2–15,0 %. Найменш вологе зерно було у ранньостиглого гібрида Степовий – 12,9–14,3 % та середньораннього Олешківський – 13,2–14,6, тимчасом найбільш вологе у пізньостиглого Гілея – 14,3–24,2 % та середньостиглого Тронка – 13,7–16,8 %. Згідно з ДСТУ-4525:2006 [17], вологість зерна кукурудзи має становити не більше 15 %. Оскільки цей показник, згідно з ДСТУ, перевищував базисний рівень у гібридів Тронка за посіву 5 травня (16,8 %) та у гібрида Гілея за посіву 5 і 15 травня (16,7 та 24,2 % відповідно), зерно потребує додаткового післязбирального підсушування до стандартної вологості. Це своєю чергою, передбачає додаткові витрати на енергоносії та може знижувати рентабельність виробництва, особливо за умов великомасштабного вирощування кукурудзи на зерно.

В.В. Багатченко, В.Л. Жемойда, О.С. Макарчук [18] зосередили свою увагу на дослідженні оптимальних строків сівби батьківських форм кукурудзи (25 квітня, 10 травня та 25 травня) різних груп стиглості в умовах Київщини. Для дослідження вибрано ранньостиглий гібрид Ріст 200 СВ, середньоранній – Річка С, середньостиглий – Рушник СВ та самозапилені лінії: ранньостигла – УР 9

зС, середньорання – УР 331 СВ та середньостигла – УР 12 зС.

Встановлено, що найвищу врожайність всі батьківські форми демонстрували за раннього строку сівби – 25 квітня. Зокрема, врожайність ранньостиглого гібрида Ріст 200 СВ становила 115,0 ц/га, середньорання Річка С – 111,2 ц/га, середньостиглого Рушник СВ – 112,7 ц/га. Зміщення строків сівби в пізніший період призвело до зменшення врожайності зерна згаданих вище гібридів кукурудзи, а саме за сівби 10 травня – до 111,0; 105,0; 101,3 ц/га, за сівби 25 травня – до 90,7; 101,6; 102,9 ц/га відповідно. Аналогічна тенденція спостерігалася і за визначення показника вологості зерна гібридів кукурудзи. Ранні строки сівби сприяли зниженню вологості зерна кукурудзи до рівня, наближеного або відповідного до стандартного показника (15 %). Дослідження вологості зерна лінійного матеріалу показало, що самозапилена ранньостигла лінія УР 9 зС продемонструвала найнижчі показники вологості зерна серед усіх варіантів – 11,5–15,4 %.

У подальших дослідженнях В.В. Багатченко та співавт. [19] зосередили увагу на комплексному аналізі цих гібридів, особливо щодо тривалості фенологічних фаз розвитку кукурудзи та морфометричних характеристик – висоти рослин, довжини та діаметра качана, кількості рядів насіння і насінин у ряду та інших морфологічних ознак, що визначають продуктивність культури. Отримані результати свідчать про те, що температура ґрунту має суттєвий вплив на тривалість міжфазних періодів, особливо на тривалість періоду сівба–сходи, оскільки оптимальні температурні умови впливають на активність ферментів і метаболічні процеси, що відбуваються під час проростання насіння. Авторами встановлено, що за сівби в більш ранні строки період появи сходів збільшується.

Дані морфометричних спостережень показали, що висота рослин гібридів кукурудзи була найвищою за посіву 25 квітня, довжина та діаметр качана залежали від групи стиглості гібрида. Зокрема, у гібридів Ріст 200 СВ, Річка С ці показники були найвищими – 20,4; 4,9 см та 19,5; 5,0 см відповідно за сівби 25.04, у гібрида Рушник СВ – 18,7 та 4,8 см за сівби 10.05. Кількість рядів насіння не відрізнялася за строками сівби та гібридами й мала стабільний показник 14–15 шт., а кількість насінин в ряду варіювала у межах 35–40 шт.

В умовах кліматичних змін особливий інтерес становлять дослідження, спрямовані на прогнозування адаптивної реакції кукурудзи на зміну агрокліматичних чинників.

Зокрема, вчені з Одеського державного екологічного університету, А.М. Польовий та ін. [20], використовуючи у своїх дослідженнях сценарій зміни клімату в Україні – А1В, найбільш вірогідний на період до 2050 року, регіональну кліматичну модель MPI-MREMO та глобальну модель – ECHAM5-r3 [21], проаналізували тенденції зміни клімату за три періоди: 1970–2010 рр., 2011–2030 рр. і 2031–2050 рр. та їх вплив на урожайність кукурудзи в Південному Степу України.

Проведений аналіз свідчить про те, що температурні тренди та зростання кількості екстремальних погодних явищ безпосередньо впливають на темпи росту, розвиток та продуктивність кукурудзи. Зокрема, результати агрокліматичного моделювання вказують на тенденцію до зміщення оптимальних строків сівби кукурудзи в умовах змін клімату на більш ранні терміни – орієнтовно на 6 діб раніше порівняно з базовим періодом. У відповідь на це зрушення відбувається прискорене формування сходів, настання фази викидання волоті прогнозується на 3–5 діб раніше, а фаза воскової стиглості – на 7 діб швидше. Примітно, що загальна тривалість вегетаційного періоду залишається майже незмінною, що обумовлено переважно компенсаційними можливостями рослин у межах їхньої фенологічної пластичності. Це відкриває перспективи для коригування сівозмін, підбору гібридів із відповідною реакцією на фотоперіод та температуру, а також адаптації агротехнічних прийомів до нових кліматичних умов.

Висновки. Отже, незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених вивченню впливу строків сівби кукурудзи, питання оптимізації цього агроприйому не втрачає своєї актуальності. Це обумовлено постійною динамікою асортименту – щороку реєструють нові гібриди, що мають різну тривалість вегетаційного періоду, морфофізіологічні особливості та ступінь адаптивності до умов зовнішнього середовища.

Кожному новому біотипу необхідно надавати індивідуальну агротехнічну оцінку щодо оптимального строку висіву з урахуванням його генетично обумовленої реакції на абіотичні чинники конкретного регіону вирощування. Рациональний підбір строку сівби дає змогу забезпечити максимальну реалізацію потенціалу продуктивності культури, зменшити вплив стресових чинників, оптимізувати водний і тепловий режими впродовж онтогенезу рослин, а також підвищити економічну ефективність виробництва кукурудзи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. United States Department of Agriculture. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>
2. Пшениця, кукурудза та соняшник – основні культури українського експорту / О.С. Дем'янюк та ін. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2023. Вип. 4(10). С. 41–50. DOI: 10.54651/agri.2023.04.05
3. Міністерство аграрної політики і продовольства України. URL: https://public.tableau.com/app/profile/fsuw/viz/vl_Export_of_Agriproducts_v2/Dashboard1
4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystir-sortiv-roslin>
5. Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня. Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк», 2020. Ч. II. 352 с.
6. Syngenta. Рекомендації щодо вибору гібридів. URL: <https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/rekomendaciyi-shchodo-viboru-gibridiv>
7. Каленська С.М., Дмитришак М.Я., Мокрієнко В.А. Рослинництво з основами кормовиробництва та агрометеорології: підручник. Київ: Прінтеко, 2023. Ч. 1. 610 с.
8. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. Львів: НВФ «Українські технології», 2023. 806 с.
9. Гангур В.В., Єремко Л.С., Лень О.І., Руденко В.В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.) залежно від строків сівби. Таврійський науковий вісник. 2022. 126. С. 15–21. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.126.3
10. Дробіт О.С. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від агротехнічних заходів в умовах зрошення Південного Степу України: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Херсон, 2018. 247 с.
11. Красенков С.В., Дудка М.І., Березовський С.В., Носов С.С. Вплив строків сівби на врожайність та вологість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Бюлетень Інституту сільськогосподарства Степової зони НААН України. 2014. № 7. С. 59–63.
12. 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 сільськогосподарства Степової зони НААН України. 2016. № 11. С. 31–38. URL: <https://journal-grain-crops.com/en/arhiv/view/593151c78d7e8.pdf>
13. Гангур В.В., Руденко В.В. Біометричні параметри рослин та продуктивність кукурудзи (*Zea mays* L.) залежно від строків сівби. Scientific Progress & Innovations. 2023. Вип. 26(3). С. 36–41. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.07
14. Barabolia O., Kosenko I. Вплив строків сівби на врожайність кукурудзи. Scientific Progress & Innovations. 2024. Вип. 27(1). С. 41–46. DOI: 10.31210/spi2024.27.01.07
15. Базиленко Є.О., Марченко Т.Ю. Біометричні показники інноваційних гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних строків сівби в умовах Північного Степу. Аграрні інновації. 2024. № 24. С. 7–15. DOI: 10.32848/agra.innov.2024.24.2
16. Базиленко Є.О., Марченко Т.Ю. Урожайність та збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи за різних строків сівби. Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво. 2024. № 23. С. 7–15. DOI: 10.32848/agra.innov.2024.23.1
17. ДСТУ 4525:2006. Кукурудза. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 33 с.
18. Багатченко В.В., Жемойда В.Л., Макачук О.С. Оптимальність строків сівби – запорука насінневої продуктивності батьківських форм кукурудзи. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. Вип. 235. С. 237–242.
19. Багатченко В.В., Таганцова М.М., Симоненко М.В. Формування структури врожаю гібридів кукурудзи за різних строків сівби. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Bun. 15(2). С. 182–187. DOI: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173570
20. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Дронова О.О. Вплив агрокліматичних умов на продуктивність кукурудзи при зміні клімату в Східному Степу України. Український гідрометеорологічний журнал. 2012. № 11. С. 154–162.
21. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change / N. Nakicenović et al. Cambridge University Press. 2000. 608 p.

REFERENCES

1. United States Department of Agriculture. Available at: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>
2. Demianiuk, O.S., Matushevych, H.D., Mazur, S.O., Shatsman, D.O., Bukhtyk, S.S., Posunko, A.O. (2023). Pshenytsia, kukurudza ta sonyashnyk – osnovni kultury ukrainskoho eksportu [Wheat, corn and sunflower as the key crops of Ukrainian exports]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka* [Farming and crop production: theory and practice]. Vol. 4(10), pp. 41–50. DOI: 10.54651/agri.2023.04.05
3. Ministerstvo ahrarynoi polityky i prodovolstva Ukrainy [Ministry of agrarian policy and food of Ukraine]. Available at: https://public.tableau.com/app/profile/fsuw/viz/vl_Export_of_Agriproducts_v2/Dashboard1
4. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine]. Available at: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystir-sortiv-roslin>

5. Mazur, V.A., Polishchuk, I.S., Telekalo, N.V., Mordvaniuk, M.O. (2020). Navchalnyi posibnyk z dystsypliny «Roslynnystvo» dlia studentiv haluzi znan 20 «Ahrarni nauky ta prodovolstvo» spetsialnosti 201 «Ahronomiia» persho ho bakalavr'skoho rivnia. Chastyina II [Textbook on "Crop Production" for students of field 20 "Agrarian sciences and food" specialty 201 "Agronomy", first bachelor's level]. Vinnytsia, Publishing house LLC «Druk», Part II, 352 p.
6. Syngenta. Rekomendatsii shchodo vyboru hybrydiv [Syngenta. Recommendations for hybrid selection]. Available at: <https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/rekomendatsiyi-shchodo-vyboru-gibrydiv>
7. Kalenska, S.M., Dmytryshak, M.Ya., Mokriienko, V.A. (2023). Roslynnystvo z osnovamy kormovyrobnystva ta ahrormeteorologii: pidruchnyk [Crop production with basics of forage production and agrometeorology]. Kyiv, Printeko, Part 1, 610 p.
8. Petrychenko, V.F., Lykhochvor, V.V. (2023). Novi tekhnologii vyroshchuvannia pol'ovykh kultur: pidruchnyk [Crop production: New technologies of field crop cultivation]. Lviv, NVF «Ukrainian technologies», 806 p.
9. Hangur, V.V., Yermenko, L.S., Len, O.I., Rudenko, V.V. (2022). Formuvannia produktyvnosti hybrydiv kukurudzy (Zea mays L.) zalezno vid strokiv sivy [Formation of corn (Zea mays L.) hybrid productivity depending on sowing dates]. Tavriiskyi naukovi visnyk [Tavrian scientific bulletin]. Vol. 126, pp. 15–21. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.126.3
10. Drobit, O.S. (2018). Formuvannia produktyvnosti hybrydiv kukurudzy zalezno vid ahrrotekhnichnykh zakhodiv v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy: dys. kand. s.-h. nauk: 06.01.09 [Formation of corn hybrid productivity depending on agrotechnical measures under irrigation conditions of the Southern Steppe of Ukraine: Candidate's dissertation: 06.01.09]. Kherson, 247 p.
11. Krasnenkov, S.V., Dudka, M.I., Berezhovskiy, S.V., Nosov, S.S. (2014). Vplyv strokiv sivy na vrozhaunist ta volohist zerna hybrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti [Influence of sowing dates on grain yield and moisture content of corn hybrids of different maturity groups]. Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva Stepovoi zony NAAN Ukrainy [Bulletin of the Institute of agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine]. no. (7), pp. 59–63.
12. Moldovan, Zh.A., Sobchuk, S.I. (2016). Vplyv strokiv sivy, hustoty roslin ta abiotychnykh faktoriv na formuvannia vrozhaunisti zerna hybrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Influence of sowing dates, plant density and abiotic factors on grain yield formation of corn hybrids of various maturity groups in the Western Forest-Steppe]. Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva Stepovoi zony NAAN Ukrainy [Bulletin of the Institute of agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine]. no. (11), pp. 31–38. Available at: <https://journal-grain-crops.com/en/arhiv/view/593151c78d7e8.pdf>
13. Hangur, V.V., Rudenko, V.V. (2023). Biometrychni parametry roslin ta produktyvnist kukurudzy (Zea mays L.) zalezno vid strokiv sivy [Biometric parameters and productivity of corn (Zea mays L.) depending on sowing dates]. Scientific Progress & Innovations. Vol. 26(3), pp. 36–41. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.07
14. Barabolia, O., Kosenko, I. (2024). Vplyv strokiv sivy na vrozhaunist' kukurudzy [The impact of sowing time on corn yield capacity]. Scientific Progress & Innovations. Vol. 27(1), pp. 41–46. DOI: 10.31210/spi2024.27.01.07
15. Bazylenko, Ye.O., Marchenko, T.Yu. (2024). Biometrychni pokaznyky innovatsiinykh hybrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO za riznykh strokiv sivy v umovakh Pivnichnoho Stepu [Biometric indicators of innovative corn hybrids of different FAO groups under various sowing times in the Northern Steppe]. Ahrarni innovatsii [Agrarian innovations]. Vol. 24, pp. 7–15. DOI: 10.32848/agra.innov.2024.24.2
16. Bazylenko, Ye.O., Marchenko, T.Yu. (2024). Urozhaunist ta zbyralna volohist zerna hybrydiv kukurudzy za riznykh strokiv sivy [Grain yield and harvest moisture of corn hybrids under different sowing dates]. Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslinnystvo. [Agrarian innovations. Reclamation, farming, crop production]. Vol. 23, pp. 7–15. DOI: 10.32848/agra.innov.2024.23.1
17. DSTU 4525:2006. Kukurudza. Tekhnichni umovy [DSTU 4525:2006. Maize. Technical specifications]. Kyiv, Ukrainian State Standard, 2009, 33 p.
18. Bahatchenko, V.V., Zhemoida, V.L., Markarchuk, O.S. (2016). Optymalnist strokiv sivy – zaporuka nasinnoyi produktyvnosti batkivskykh form kukurudzy [Optimal sowing dates as a prerequisite for seed productivity of parental forms of corn]. Naukovi visnyk Natsionalnoho universytetu biorresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific bulletin of the National university of life and environmental sciences of Ukraine]. Vol. 235, pp. 237–242.
19. Bahatchenko, V.V., Tahantsova, M.M., Symonenko, M.V. (2019). Formuvannia struktury vrozhaui hybrydiv kukurudzy za riznykh strokiv sivy [Formation of corn hybrid yield structure under different sowing dates]. Plant Varieties Studying and Protection. Vol. 15(2), pp. 182–187. DOI: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173570
20. Poliovyi, A.M., Bozhko, L.Yu., Dronova, O.O. (2012). Vplyv aroklimatychnykh umov na produktyvnist kukurudzy pry zmini klimatu v Skhidnomu Stepu Ukrainy [Influence of agroclimatic conditions on corn productivity under climate change in the Eastern Steppe of Ukraine]. Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal. [Ukrainian hydrometeorological journal]. no. (11), pp. 154–162.
21. Nakićenović, N. (2000). Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 608 p.

The impact of sowing times on the productivity of corn hybrids of different maturity groups: a review

Horodyska I., Stukalo B.

Corn is one of the most widespread agricultural crops in the world. It is grown on all continents on an area of over 200 million hectares annually. Grain production of this crop is concentrated in 10 major countries. The leading countries in corn production are China and the United States of America, where over 44 and 35 million hectares are occupied under it respectively, and the average grain yield is 6.5 and 11.0 t/ha. Ukraine has all the necessary conditions for corn production, including fertile soils, a favorable climate, and modern agricultural technologies. Thanks to these advantages, the country is among the world's leading producers and exporters of corn. Ukraine exports significant volumes of corn annually, supplying more than 30 % of the countries of Europe, Asia, and North Africa with the product. According to 2024 data, corn exports exceeded 28 million tons per year, making Ukraine one of the key players in the global grain market.

Corn is a raw material for the processing industry, a valuable food and the most important forage

crop. To obtain high yields and improve grain quality of this crop, it is necessary to implement effective agricultural technologies, including optimization of the plant nutrition and protection system, soil cultivation etc.

A special role in increasing corn productivity is played by the correct selection of hybrids adapted to the soil and climatic conditions of the region. The choice of hybrids with high yield potential, resistance to diseases, pests and adverse weather factors is the key to obtaining high yields.

At the same time, it is important to observe the optimal sowing dates, because timely sowing contributes to the formation of a powerful root system, uniform shoots and optimal plant development. Untimely sowing can lead to a decrease in yield due to the negative impact of drought, prolonged rains, the spread of diseases etc.

Therefore, scientific research related to improving agricultural technology for growing new corn hybrids, in particular determining the optimal time for sowing them, is quite relevant now.

Key words: yield, biometric indicators, maturity groups, FAO, seed moisture, duration of the growing season.



Copyright: Городиська І.М., Стукало Б.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:

Городиська І.М.

Стукало Б.В.

<https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>

<https://orcid.org/0009-0006-8922-9320>



АГРОНОМІЯ

УДК 631.528.632:664.236:633.111.5

**Формування вмісту і якості клейковини зерна
у спельтоподібних чорнобильських радіомутантів *Triticum L.***

Долгальова Ю.А.¹ , Лозінський М.В.² , Устинова Г.Л.² ,
Самойлик М.О.² , Юрченко А.І.² 

¹ Білоцерківська дослідно-селекційна станція

Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

² Білоцерківський національний аграрний університет

Устинова Г.Л. E-mail: ustynovaGL@ukr.net



Долгальова Ю.А., Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Самойлик М.О., Юрченко А.І. Формування вмісту і якості клейковини зерна у спельтоподібних чорнобильських радіомутантів *Triticum L.* «Агробіологія», 2025. № 1. С. 40–54.

Dolhalova Yu., Lozinskiy M., Ustynova H., Samoilik M., Yurchenko A. Formation of the content and quality of grain gluten in spelt-like chernobyl radiomutants of *Triticum L.* «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 40–54.

Рукопис отримано: 28.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-40-54

В умовах наукової 10-пільної сівозміни № 1 Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН досліджували 10 спельтоподібних чорнобильських радіомутантів – RM-1–10 пшениці озимої. Досліджувані зразки RM-1–10 були одержані в результаті хронічного опромінення в посіві 1986 р. та самосіві 1987 р. в агрофітоценозах сільськогосподарських угідь у 20-ти кілометрах зони відчуження Чорнобильської АЕС.

Облікова площа дослідної ділянки одного зразка – 10 м², повторність – трикратна. Попередник – горох. Насіння висівали в оптимальні для культури строки сівалкою СН-10Ц. Для порівняння використовували стандарт Лісопелу України – сорт Лісова пісня.

Метою досліджень було визначення вмісту клейковини і показників її якості у зерні спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої.

Вміст клейковини визначали методом інфрачервоної спектроскопії (FOOS Infratec 1241 Grain Analyzer). Якість клейковини оцінювали за показниками приладу «ВДК-1». Також визначали розтяжність і пружність сирої клейковини.

Найбільший вміст клейковини у середньому за роки досліджень відмічено у RM-2 і RM-9 (32,0 %), які формували показник на рівні стандарту Лісова пісня – 32,4 %. Встановлено найбільшу мінливість вмісту клейковини у RM-3, RM-1, RM-4, RM-2 за показника коефіцієнта варіації 22,2; 20,6; 20,0 і 16,5 % відповідно. Найменшу мінливість відмітили у RM-7 за різниці між найбільшим і найменшим показником вмісту клейковини у 2016–2019 рр. 3,8 % і незначного коефіцієнта варіації – 7,1 %.

За показника індексу деформації клейковини в середньому за 2016–2019 рр. серед досліджуваних зразків не відмічено першої (добра) і другої (задовільно міцна) групи якості клейковини. Задовільно слабку другу групу якості формували всі досліджувані зразки та стандарт Лісова пісня.

За здатністю сирої клейковини розтягуватися у довжину в середньому за 2016–2019 рр. усі досліджувані RM- зразки (16,5–19,5 см) перевищували стандарт Лісова пісня (16,3 см).

Пружність сирої клейковини стандарту Лісова пісня (4 бали) перевищили радіомутанти RM-6 (4,5 бали) і RM-2 (4,3 бали). На рівні стандарту відмітили пружність клейковини у RM-1, RM-5, RM-7, RM-8.

Ключові слова: пшениця озима, спельтоподібні радіомутанти, вміст клейковини, якість клейковини, розтяжність клейковини, пружність клейковини, гомеостатичність, селекційна цінність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Важливим чинником підвищення врожайності зернових культур, серед значної кількості агротехнічних прийомів і абіотичних факторів, є генетичні ресурси [1–3], оскільки сорт є найбільш ефективним і незамінним біологічним засобом виробництва, який визначає не лише рівень продуктивності агрофітоценозу [4, 5], а також якість вирощеної продукції [6–9].

Основним напрямом селекції пшениці озимої є підвищення врожайності, а метою кожного селекціонера – створення сортів, поєднавши максимально можливий рівень продуктивності з комплексом господарсько цінних ознак і властивостей, зокрема, врожайності з якістю зерна та борошна [10–12].

Зерно пшениці є основною сировиною для виробництва найважливіших продуктів харчування людства, тому поліпшення його якості набуває особливого значення [13]. Продукти вироблені із зерна пшениці характеризуються високою харчовою цінністю, збагачені вітамінами, мікро- та макроелементами і містять значну кількість вуглеводів, які є джерелом енергії людини [14, 15]. Зерно пшениці впродовж тривалого часу може зберігати свої поживні властивості та за різних технологічних процесів накопичувати добрі смакові якості і є високоякісною сировиною для харчової промисловості та виготовлення повноцінних кормів [14].

Якість зерна пшениці – найскладніша генетично обумовлена ознака, яка характеризується низкою показників: фізичними, біохімічними, технологічними [16]. Не зважаючи на значні успіхи в селекції, актуальним залишається створення генотипів, які поряд із високою потенційною врожайністю матимуть підвищену якість зерна [14, 17–20].

З метою підвищення врожайності та покращення фізичних і технологічних показників якості зерна, стійкості до несприятливих чинників навколишнього середовища у наукових установах ведеться цілеспрямована селекційна робота на поєднання важливих господарсько цінних ознак [21]. За таких умов виконання поставлених завдань у селекційних програмах буде залежати від збагачення виду новою генетичною плазмою, без якої неможливо досягти прогресу у селекційній роботі [22, 23].

Технологічні показники якості зерна пшениці, які забезпечують формування високого, пористого і м'якого хліба із однорідною структурою м'якуша, специфічним ароматом, приємним на смак і колір, обумовлюють

вміст клейковини та її якість і хлібопекарські властивості борошна [16]. На величину об'ємного виходу хліба впливає газотримувальна здатність тіста, яка може бути різною і обумовлена кількістю та властивостями клейковини, яка є специфічним сильногідратованим білковим комплексом. Якщо клейковина якісна і її достатньо, то тісто буде пластичне і добре утримувати вуглекислий газ, який у ньому накопичується, підвищуючи харчову цінність хліба та поліпшуючи хлібопекарські властивості борошна [5, 16, 24].

Борошно отримане із зерна пшениці характеризується здатністю формувати тісто із необхідними фізичними властивостями: високою еластичністю, розтяжністю, здатністю достатньо поглинати воду [25].

Клейковина складається з двох основних білкових компонентів – гліадину і глютеніну, між якими є сильний фізико-хімічний зв'язок [17]. Вміст клейковини в зерні сильних сортів пшениці має становити не менше 28 %, у борошні 70 % виходу – не менше 32 %, а її якість має бути не нижче II-групи. Досліджено, що борошно із зерна сильних сортів пшениць повинно мати довгу або середню за розтяжністю клейковину [13]. Суха частина клейковини містить близько 80 % білків, 6,7 % крохмалю 2,0–2,1 % жирів, 1,0–1,2 % цукру, 0,8–1,0 % золи. У сортів сильних пшениць вміст сирогої клейковини в зерні становить від 25 до 45 % і більше [26].

Якість клейковини обумовлена сукупністю таких фізичних властивостей як пружність, еластичність, розтяжність, в'язкість і зв'язність та здатністю зберігати їх у процесі виготовлення хліба [27]. Також на якість клейковини впливає склад її білкових молекул, що утворюють певну просторову структуру міцності [28].

Зусилля селекціонерів спрямовані на створення сортів, які б забезпечували формування врожаю зерна пшениці з високим вмістом білка [29] і клейковини [13] та її якості [30].

Для прискорення і підвищення ефективності селекційної роботи вирішальним є досконало вивчений вихідний матеріал, що дозволяє розкрити його потенціал, а також встановити напрями та методи використання в селекційних програмах для підвищення врожайності і поліпшення показників якості зерна.

Мета досліджень – визначення вмісту і показників якості клейковини у спельтоподібних Чорнобильських зразків пшениці озимої.

Матеріал і методи дослідження. В умовах 10-пільної наукової сівозміни № 1 (горох, пшениця озима, буряки цукрові, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, сидеральний пар, пшениця озима, буряки цукрові, кукурудза на зерно, ячмінь ярий) Білоцерківської дослідно-селекційної станції (БЦДСС) Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН досліджували 10 спельтоподібних зразків пшениці озимої білоцерківської колекції чорнобильських радіомутантів – RM-1–10 (рис. 1, 2).

Генофонд колекції походить від рослин пшениці, які були відібрані у 1987 р. під керівництвом Д.М. Гродзінського, О.Д. Коломієць, П.К. Шкварнікова і М.Ф. Батигіна на полях сільськогосподарських угідь в 20-км зоні відчуження Чорнобильської АЕС та впродовж двох вегетаційних періодів – у посіві 1986 і самосіві 1987 рр. – на всіх етапах органогенезу перебували під дією хронічного опромінення.

На час аварії в радіусі 20-ти кілометрів від зруйнованого реактора вирощували сорти пшениці м'якої озимої: Білоцерківська 47, Миронівська 808, Поліська 70, Киянка.

У 1988 р. 239 зразків, у вигляді зерен індивідуально обмолочених колосів, були передані для подальшого вивчення до Білоцерківської ДСС. Змінені форми пересівають методом педігрі, проводять бекроси, реципрокні і аналізуючі схрещування отриманих мутантів із вихідними сортами. У результаті нестабільного мутагенезу спектр мутацій розширюється з покоління в покоління впродовж 34 років. На сьогодні в колекції налічується близько трьох тисяч мутантів і отриманий широкий спектр мутацій: із різним ступенем прояву стерильності колоса, скверхедність, спельтоїдність із ламким стрижнем колоса і ускладненим обмолотом, карлики з висотою рослин до 25 см та високорослі понад 150 см, із покрученим стеблом під колосом і ускладненим виходом колоса з піхви листка, з двома колосами на стеблі та багато інших потворних за морфологією рослинних форм, які не зустрічаються зазвичай у природі. Виникли також системні мутації, які мають ознаки інших гексаплоїдних видів: *Triticum spelta* L., *Triticum compactum* Host, *Triticum Vavilovi* Jacubz [31].



Рис. 1. Спельтоподібний колос RM-6 зразка пшениці м'якої озимої.



Рис. 2. Спельтоподібний колос RM-7 зразка пшениці м'якої озимої.

Досліджувані зразки RM-1–10 були одержані в результаті хронічного опромінення в посіві 1986 р. та самосіві 1987 р. в агрофітотеннозах сільськогосподарських угідь в 20-км зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Після отримання співробітниками БЦДСС (1988 р.) морфологічно відмінних форм від вихідних сортів, їх щорічно впродовж 26 поколінь (1988–2014 рр.) пересівали методом педігрі, та на початку селекційної роботи отримали відповідні шифри залежно від походження (табл. 1).

Після одержання константних форм (2014 р.) чорнобильські радіомутанти RM-1–10 були висіяні в контрольному розсаднику наукової сівозміни БЦДСС для вивчення біологічних, морфологічних та господарсько цінних ознак.

Облікова площа дослідної ділянки одного зразка – 10 м², повторність – трикратна. Попередник – горох, насіння висівали в оптимальні для культури строки сівалкою СН-10Ц. Для порівняння використовували сорт-стандарт у зоні Лісостепу України – Лісова пісня.

Оцінку зерна досліджуваних RM-зразків проводили за вмістом клейковини (методом інфрачервоної спектроскопії, прилад FOOS Infratec 1241 Grain Analyzer) та її якості (показники приладу «ВДК-1»), визначали згідно з «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [32].

Для визначення розтяжності використовували дві наважки клейковини по 4 г, сфор-

мовані у кульки, занурювали у воду за температури 18–20 °С на 15 хвилин. Після чого розтягували клейковину впродовж 10 с над лінійкою до розриву. У момент розриву клейковини відмічали довжину, на яку вона розтягнулася. За розтяжністю клейковину поділяють на коротку – до 10 см, середню – 10–20 см і довгу – понад 20 см [16]. Показники пружності (еластичності) визначали за швидкістю відновлення початкової форми або довжини кульки клейковини після розтягування на відстань близько 2 см або стискання між великим та вказівним пальцями.

Результати дослідження та обговорення. У середньому за 2016–2019 рр. найбільший вміст клейковини відмічено у RM-2 і RM-9 (32,0 %), які формували показник на рівні стандарту Лісова пісня – 32,4 %. Дещо менший вміст клейковини визначили у RM-1 (31,4 %), RM-10 (30,5 %) і RM-4 (30,4 %) (табл. 2).

Встановлено найбільшу мінливість вмісту клейковини у RM-3, RM-1, RM-4, RM-2 за відповідних показників коефіцієнта варіації 22,2; 20,6; 20,0 і 16,5 %. Найменшу мінливість відмітили у RM-7 за різниці між найбільшим і найменшим показником вмісту клейковини у 2016–2019 рр. 3,8 % і незначного коефіцієнта варіації – 7,1 %. Слід зазначити, що у цього зразка середній за чотири роки вміст клейковини був найменший і становив 26,0 %. Незначний коефіцієнт варіації вмісту клейковини визначили у RM-9 (9,7 %) і стандарту Лісова пісня – 9,6 %.

Таблиця 1 – Походження та морфологічний опис спельтоподібних RM-зразків пшениці озимої білоцерківської колекції Чорнобильських радіомутантів

Вихідний сорт	Шифр	Досліджуваний RM-зразок	Морфологічний опис
Білоцерківська 47	756/89	RM-1	<i>T. spelta</i> L. спельта безоста
		RM-2	<i>T. spelta</i> L. спельта безоста
		RM-3	<i>T. spelta</i> L. спельта остиста
		RM-4	<i>T. spelta</i> L. спельта остиста
	20006/89	RM-5	<i>T. spelta</i> L. спельта остиста
		RM-6	<i>T. spelta</i> L. спельта остиста
	20038/89	RM-7	<i>T. spelta</i> L. спельта безоста
		RM-8	<i>T. spelta</i> L. спельта безоста
		RM-9	<i>T. spelta</i> L. спельта безоста
Поліська 70	20157/89	RM-10	спельтоїд безостий

Таблиця 2 – Вміст клейковини (%) у досліджуваних RM-зразків, 2016–2019 рр.

Селекційна форма	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	$\bar{x}$	R	S ²	V, %
RM-1	31,9	25,7	27,6	40,2	31,4	14,5	41,5	20,6
RM-2	32,8	27,9	28,0	39,1	32,0	11,2	27,9	16,5
RM-3	30,1	23,7	25,4	38,3	29,4	14,6	42,7	22,2
RM-4	30,5	26,3	25,9	39,0	30,4	13,1	37,0	20,0
RM-5	27,9	25,6	24,9	31,8	27,6	6,9	9,7	11,3
RM-6	26,5	24,6	24,9	31,7	26,9	7,1	10,8	12,2
RM-7	27,2	24,8	24,0	27,8	26,0	3,8	3,4	7,1
RM-8	31,1	26,8	26,5	35,2	29,9	8,7	16,9	13,7
RM-9	33,1	27,6	32,2	34,9	32,0	7,3	9,7	9,7
RM-10	27,7	27,1	31,3	35,7	30,5	8,6	15,7	13,0
Лісова пісня (St)	33,1	28,7	31,5	36,1	32,4	7,4	9,6	9,6
НІР ₀₅	0,52	0,41	0,36	0,65	-	-	-	-

Найбільш стабільний вміст клейковини у борошні досліджуваних селекційних форм за показника гомеостатичності відмітили у RM-7 (Ном = 365), Лісова пісня (Ном = 339), RM-9 (Ном = 328). На середньому рівні гомеостатичності визначили у RM-5, RM-10, RM-6, RM-8 – Ном = 245–218 (рис. 3).

За високим показником селекційної цінності виділили стандарт Лісова пісня (Sc = 25,8) і RM-9 – Sc = 25,3. На середньому рівні селекційну цінність відмітили у RM-10, RM-2, RM-7, RM-8 – Sc = 23,2–22,5 (рис. 4).

Селекційний процес зі створення вихідного матеріалу пшениці з підвищеним вмістом білка і клейковини є актуальним [13, 33]. Водночас суттєве значення мають показники, які характеризують якість клейковини [13].

Сира клейковина за фізичними властивостями класифікується на: сильну – помірно-пружна, зв'язну – достатньо розтяжна; слабку – досить розтяжна, недостатньо пружна; міцну короткорвучу – досить пружна, мало розтяжна; крихку – недостатньо зв'язна [34].

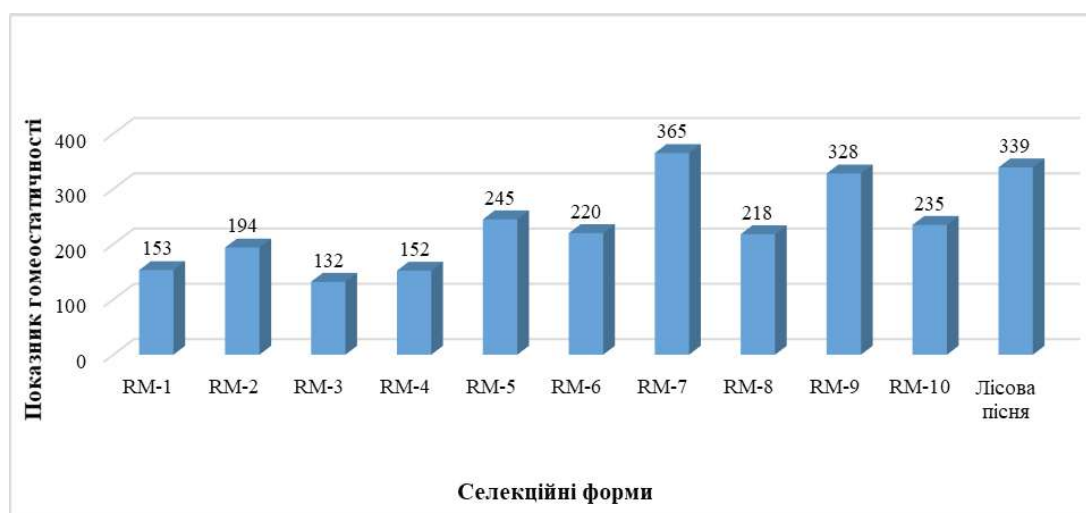


Рис. 3. Показник гомеостатичності за формування клейковини у RM-зразків, середнє за 2016–2019 рр.

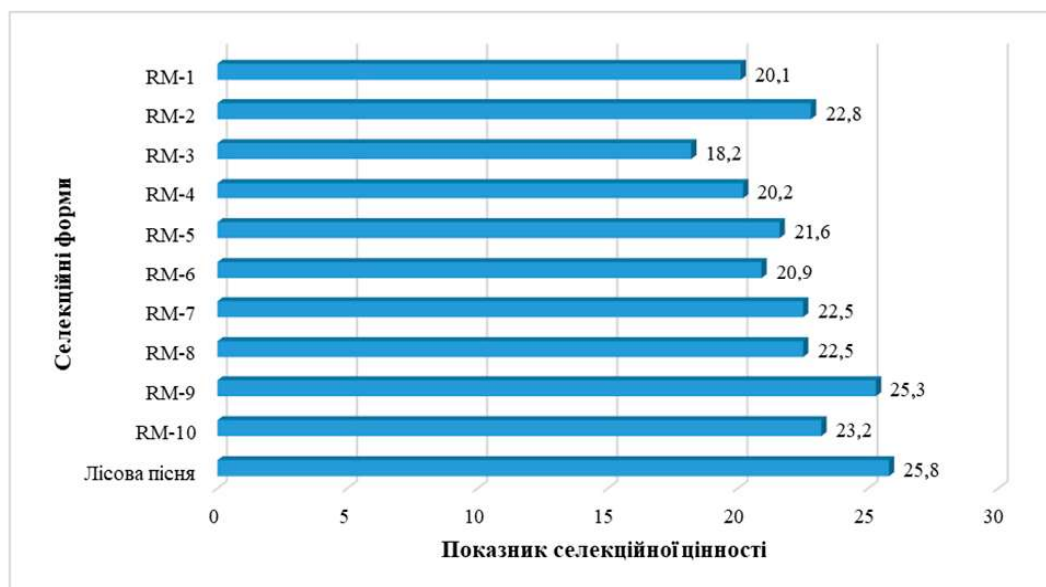


Рис. 4. Селекційна цінність за вмістом клейковини у RM-зразків, середнє за 2016–2019 рр.

Згідно з ДСТУ 3768:2019 зерно пшениці м'якої за вмістом клейковини і показниками приладу ВДК-1 поділяється на чотири класи: перший клас – масова частка сирої клейковини не менше 28 % і одиниць приладу ВДК-1 – 45–100 о.п.; другий клас – сирої клейковини не менше 23 % і 45–100 одиниць приладу ВДК; третій клас – сирої клейковини не менше 18 % і 45–100 одиниць приладу ВДК. Для четвертого класу показники вмісту сирої клейковини і одиниць приладу ВДК не обмежено [35].

Опір клейковини визначають за допомогою приладу ВДК-1, яким встановлюють деформацію зразка клейковини методом вимірювання лінійного переміщення пуансона. Відповідно до показника приладу в умовних одиницях встановлюють групу якості клейковини: I група – від 45 до 75 одиниць приладу (о.п.) – клейковина характеризується як добра з середньою розтяжністю і доброю еластичністю; II група (20–40 о.п.) – задовільно міцна або задовільно слабка (80–100 о.п.), яка має задовільну еластичність і сильну чи слабку розтяжність; III група (0–15 о.п.) – незадовільно міцна або (105–120 о.п.) – незадовільно слабка із незадовільною еластичністю і сильною або слабкою розтяжністю [16, 36].

У роки досліджень встановлено варіабельність показника приладу ВДК-1 від 12 о.п. (RM-9) до 25 о.п. (RM-3) із незначним коефіцієнтом варіації у RM-9, RM-5, RM-6, RM-7, RM-10, RM-8, RM-4 – 5,5–8,4 % і середнім у стандарту Лісова пісня ($V = 10,0\%$),

RM-2 ($V = 11,7\%$), RM-3 ($V = 12,0\%$) і RM-1 – $V = 12,7\%$ (табл. 3).

За показником індексу деформації клейковини в середньому за 2016–2019 рр. серед досліджуваних зразків нами не відмічено першої (добра) і другої (задовільно міцна) групи якості клейковини. Задовільно слабку другу групу якості відмітили у всіх радіомутантів і стандарту Лісова пісня. Водночас слід зазначити подібні показники індексу деформації клейковини до стандарту (87 о.п.) у RM-6, RM-2 і RM-8 – 87, 89, 89 о.п. відповідно.

Найбільшу гомеостатичність за індексом деформації клейковини визначили у RM-9 ($Hom = 1638$) і RM-5 ($Hom = 1452$). Середній показник гомеостатичності відмітили у RM-7, RM-6, RM-10, RM-8, RM-4 – $Hom = 1257$ – 1105 (рис. 5).

За селекційною цінністю показника індексу деформації клейковини виділили RM-7 ($Sc = 79,7$), RM-9 ($Sc = 79,2$), RM-5 ($Sc = 78,3$), RM-10 ($Sc = 77,3$), RM-4 ($Sc = 76,8$), дещо менші значення визначили у RM-6 і RM-8 – $Sc = 74,6$ (рис. 6).

Міцна клейковина формується повільно, відразу після відмивання кришиться і після певного часу набуває зв'язності, розтяжності, еластичності і значної пружності. Клейковина доброї якості відразу після замісу утворює еластичну пружну масу. Водночас слабка клейковина формується швидко, як і доброї якості, але наприкінці відмивання втрачає еластичність і пружність [16].

Таблиця 3 – Показники приладу ВДК-1 (о.п.) у досліджуваних RM-зразків у 2016–2019 рр.

Селекційна форма	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	$\bar{x}$	R	S ²	V, %
RM-1	105	82	96	81	91	24	134,0	12,7
RM-2	103	82	89	80	89	23	108,3	11,7
RM-3	100	75	94	94	91	25	118,3	12,0
RM-4	103	89	95	85	93	18	61,3	8,4
RM-5	98	92	91	84	91	14	32,9	6,3
RM-6	96	82	87	84	87	14	38,3	7,1
RM-7	98	99	85	89	93	14	46,9	7,4
RM-8	89	85	99	83	89	16	50,7	8,0
RM-9	96	90	84	92	91	12	25,0	5,5
RM-10	101	85	87	94	92	16	52,9	7,9
Лісова пісня (St)	98	77	86	85	87	21	75,0	10,0
HIP ₀₅	3	2	2	3	-	-	-	-

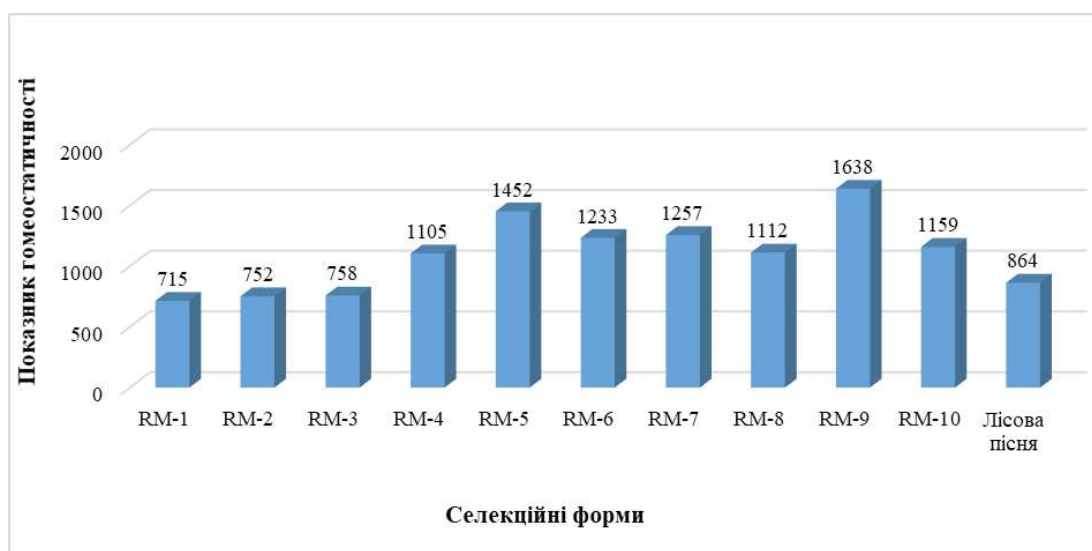


Рис. 5. Гомеостатичність за показника приладу ВДК-1 у RM-зразків, середнє за 2016–2019 рр.

Встановлено в середньому за роки досліджень перевищення над стандартом Лісова пісня (16,3 см) за здатністю сирової клейковини розтягуватися в довжину у всіх досліджуваних RM-зразків від 0,2 см (RM-5) до 3,2 см у RM-3 і RM-4 (табл. 4).

Досліджено розмах мінливості розтяжності сирової клейковини від 3 см (RM-8) до 11 см у RM-2 і RM-10. Визначений незначний коефіцієнт варіації у RM-8 (7,9 %), серед-

ній – RM-7 (V = 11,8 %), RM-6 (V = 14,9 %), RM-1 (V = 17,9 %) і стандарт Лісова пісня (V = 18,3 %), за значних – V = 21,6–29,7 % у інших RM-зразків.

За показником гомеостатичності розтяжності клейковини виділили RM-8 (Hom = 248) і RM-7 (Hom = 147) за значень у інших досліджуваних селекційних форм від Hom = 66 (RM-4) до Hom = 113 – RM-6 (рис. 7).

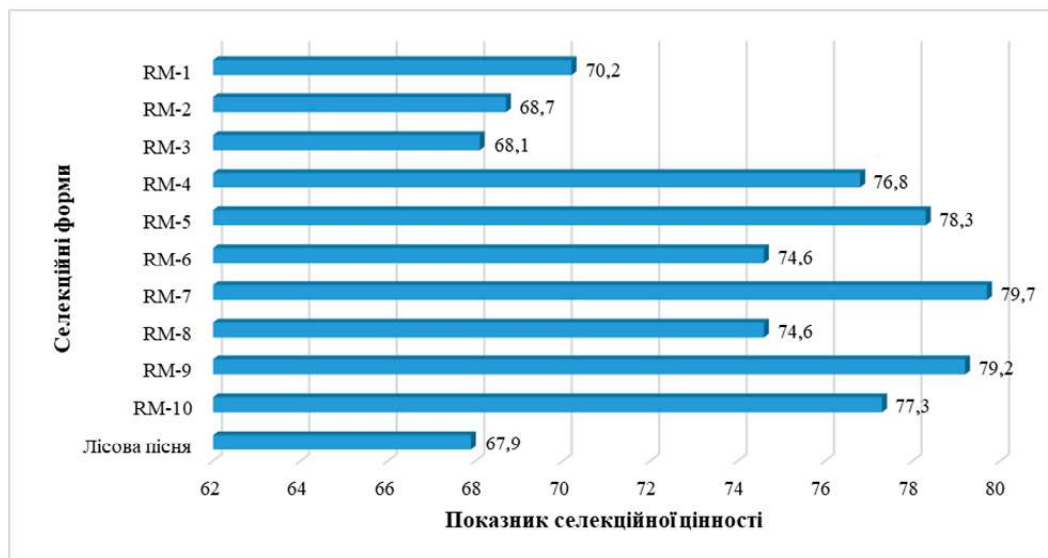


Рис. 6. Селекційна цінність за показниками приладу ВДК-1 у RM-зразків, середнє за 2016–2019 рр.

Таблиця 4 – Розтяжність (см) сирої клейковини у досліджуваних RM-зразків у 2016–2019 рр.

Селекційна форма	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	$\bar{X}$	R	S ²	V, %
RM-1	23	15	18	18	18,5	8	11,0	17,9
RM-2	23	12	17	18	17,5	11	20,3	25,7
RM-3	24	14	21	19	19,5	10	17,7	21,6
RM-4	28	15	18	17	19,5	13	33,7	29,7
RM-5	22	13	15	16	16,5	9	15,0	23,5
RM-6	20	14	17	16	16,8	6	6,3	14,9
RM-7	20	15	18	17	17,5	5	4,3	11,8
RM-8	20	17	20	20	19,3	3	2,3	7,9
RM-9	25	15	16	18	18,5	10	20,3	24,4
RM-10	24	13	17	17	17,8	11	20,9	25,7
Лісова пісня (St)	20	13	17	15	16,3	7	8,9	18,3
НІР ₀₅	0,21	0,17	0,18	0,17	-	-	-	-

Найвищий показник селекційної цінності за розтяжністю сирої клейковини визначили у RM-7 ($Sc = 13,1$), RM-1 ($Sc = 12,1$), RM-6 ($Sc = 11,8$), RM-3 ($Sc = 11,4$), RM-9 ($Sc = 11,1$), Лісова пісня ($Sc = 10,6$) і RM-4 ($Sc = 10,5$) (рис. 8).

Пружність (еластичність) – властивість клейковини повертатися до початкового стану після розтягування або надавлювання [16].

У середньому за роки досліджень, радіомутанти RM-6 (4,5 бали) і RM-2 (4,3 бали)

за пружністю сирої клейковини перевищили стандарт Лісова пісня (4 бали). На рівні стандарту відмітили пружність клейковини у RM-1, RM-5, RM-7, RM-8. Розмах варіабельності за пружністю встановили від 1 до 2 балів і середнього коефіцієнта варіації у RM-6 ($V = 12,2\%$), RM-4, RM-10 ($V = 15,6\%$) і RM-8 ($V = 19,4\%$) та значних ($V = 20,9\text{--}28,5\%$) у інших досліджуваних селекційних форм (табл. 5).

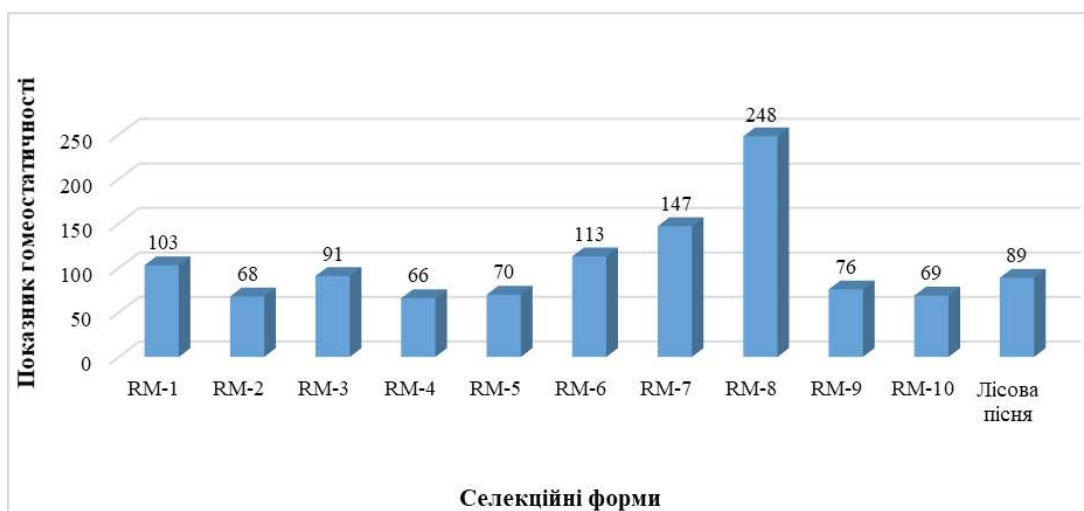


Рис. 7. Гомеостатичність за розтяжністю сирової клейковини у RM-зразків, середнє за 2016–2019 рр.

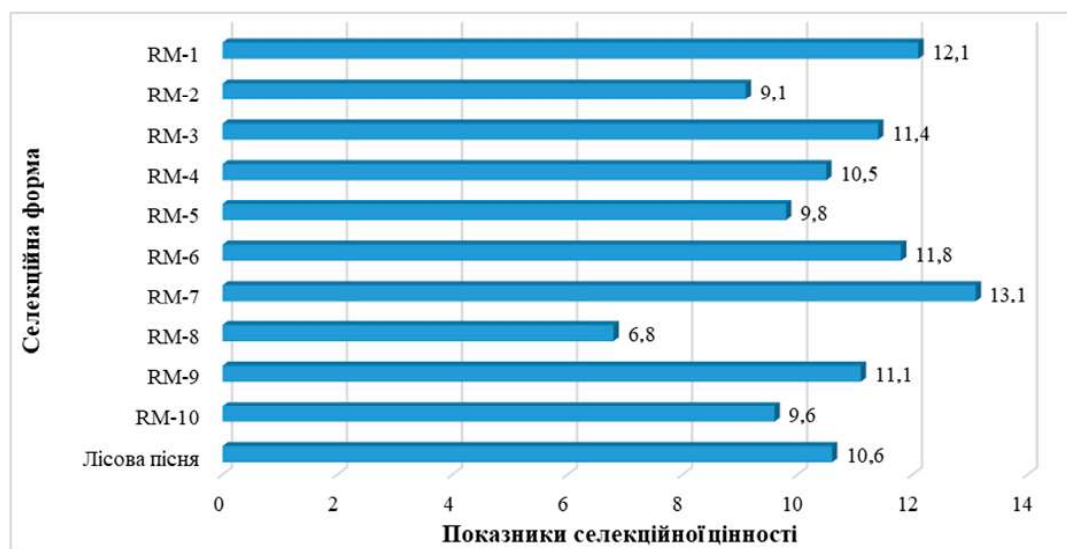


Рис. 8. Селекційна цінність за розтяжністю сирової клейковини у RM-зразків, середнє за 2016–2019 рр.

Таблиця 5 – Пружність (бал) сирової клейковини у досліджуваних RM-зразків у 2016–2019 рр.

Селекційна форма	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	$\bar{x}$	R	S ²	V, %
RM-1	3	5	3	5	4,0	2	1,3	28,5
RM-2	3	5	4	5	4,3	2	0,9	22,1
RM-3	3	5	3	4	3,8	2	0,9	25,0
RM-4	3	4	3	4	3,5	1	0,3	15,6
RM-5	3	4	4	5	4,0	2	0,7	20,9
RM-6	4	5	4	5	4,5	1	0,3	12,2
RM-7	4	3	5	4	4,0	2	0,7	20,9
RM-8	4	4	3	5	4,0	2	0,6	19,4
RM-9	3	4	5	3	3,8	2	0,9	25,0
RM-10	3	4	4	3	3,5	1	0,3	15,6
Лісова пісня (St)	3	5	4	4	4,0	2	0,7	20,9

Найвищий показник гомеостатичності ($Hom = 36$) (рис. 9) і селекційної цінності ($Sc = 3,6$) (рис. 10) за пружністю сирі клейковини відмітили у селекційної форми RM-6.

Гомеостатичність у інших досліджуваних селекційних форм визначена на рівні від $Hom = 14$ (RM-1) до $Hom = 21$ – RM-4, а показник селекційної цінності встановлений у межах $Sc = 2,3$ – $2,6$.

Залежно від пружності і розтяжності клейковину підрозділяють на три групи:

I група – клейковина з доброю пружністю і довгою або середньою розтяжністю. Клейковина цієї групи дає можливість одержати тісто з доброю формостійкістю і досить розпушене, завдяки чому хлібні вироби мають більший об'ємний вихід і пористість;

II група – клейковина з доброю або задовільною пружністю. За розтяжністю вона може бути короткою, середньою або довгою. Тісто має меншу газоутримувальну здатність. Хліб випікається з меншим об'ємним виходом і пористістю, але здебільшого доброякісним;

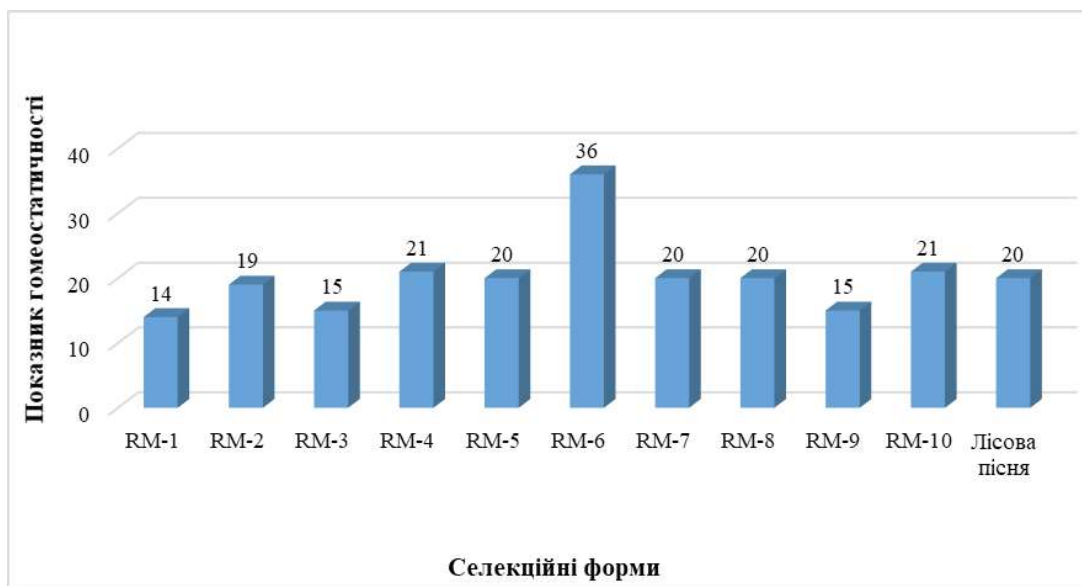


Рис. 9. Гомеостатичність за пружністю сирі клейковини у RM- зразків, середнє за 2016–2019 рр.

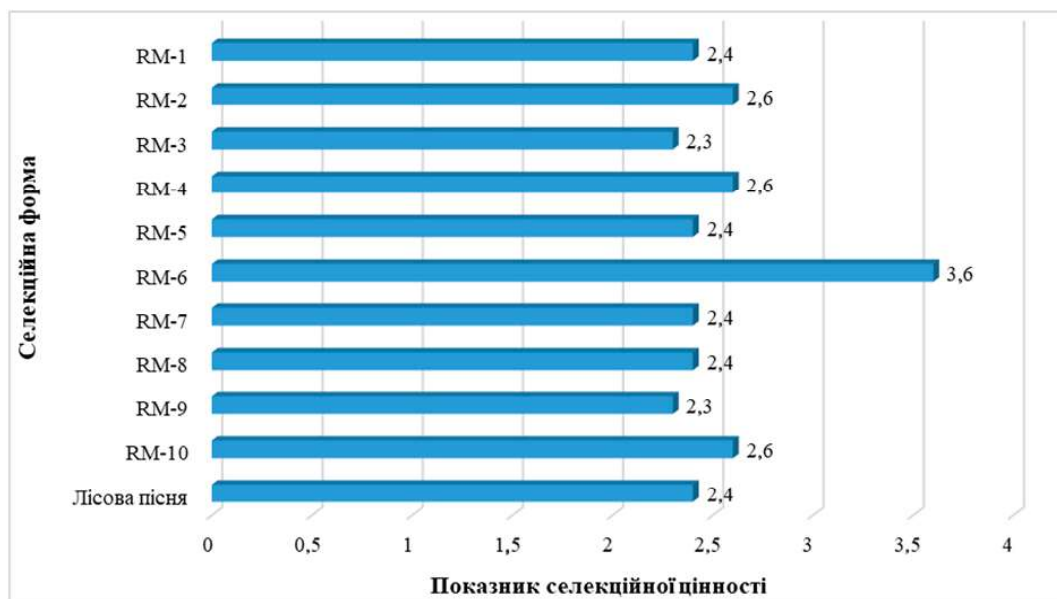


Рис. 10. Селекційна цінність за пружністю сирі клейковини у RM- зразків, середнє за 2016–2019 рр.

III група – клейковина із слабкою пружністю. Ця клейковина має властивість дуже витягуватися, провисати за розтягування, прориватися у висячому положенні під дією власної ваги, пливати, а також кришитися. З борошна, яке має клейковину цієї групи, отримують низькопористий, погано розпушений хліб із дуже малим об'ємним виходом [16].

Висновки. У результаті проведених досліджень виділено спельтоподібні зразки RM-2, RM-9, RM-1, RM-10 і RM-4, що формували в середньому за 2016–2019 рр. високий вміст клейковини 32,0–30,4 %, серед яких за коефіцієнтом варіації найменшу мінливість визначили у RM-9 ($V = 9,7\%$) і RM-10 – $V = 13,0\%$. Селекційний зразок RM-9 мав найвищі показники гомеостатичності ($Hom = 328$) і селекційної цінності ($Sc = 25,3$) за вмістом клейковини.

За показником приладу ВДК-1 усі RM-зразки і стандарт формували задовільно слабку II групу якості сирої клейковини. На рівні стандарту (87 о.п.) визначили показник приладу ВДК-1 у RM-6, RM-2 і RM-8 – 87; 89; 89 о.п. відповідно. Селекційна форма RM-9 за показників приладу ВДК-1 у роки досліджень (84–96 о.п.) мала найбільшу гомеостатичність ($Hom = 1638$) і селекційну цінність – $Sc = 79,2$.

Усі досліджувані RM-зразки формували за 2016–2019 рр. середню розтяжність сирої клейковини (16,5–19,5 см), перевищуючи стандарт Лісова пісня – 16,3 см. За пружністю клейковини виділили RM-6 (4,5 бали) і RM-2 – 4,3 бали.

Виділені спельтоподібні RM-зразки пшениці озимої включені у подальшу селекційну роботу Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Статистичні параметри адаптивності за урожайністю нових генотипів пшениці м'якої озимої / Л.А. Коломієць та ін. Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. 2009. Т. 7. № 2. С. 198–205.
2. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В., Дубова О.А. Особливості формування довжини стебла у селекційних номерів пшениці озимої в залежності від їх генотипів та умов вирощування. Агробіологія. 2015. № 1(117). С. 11–15.
3. Марухняк А.Я., Терлецька М.І., Прудяк Л.С. Кластерний розподіл генотипів вівса за екологічною адаптивністю кількісних ознак продуктивності. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 65. С. 77–90.

4. Кириленко В.В. Традиційні та сучасні методи селекції *Triticum aestivum* L. у Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2014. № 4(25). С. 41–46.

5. Шувар А.М., Беген Л.Л., Тимків М.Ю., Войтович Р.М. Формування врожаю і якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня живлення. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2018. Вип. 63. С. 161–173.

6. Жемела Г.П., Бараболя О.В., Татарко Ю.В., Антоновський О.В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. Scientific Progress & Innovations. 2020. № 3. С. 32–39.

7. Жемела Г.П., Мусатов А.Г. Агротехнічні основи підвищення якості зерна. Київ: Урожай, 1989. 160 с.

8. Козечко В.І. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування показників якості зерна пшениці озимої в умовах північного Степу. Scientific Progress & Innovations. 2014. № 2. С. 67–73.

9. Nadew B.B. Effects of climatic and agronomic factors on yield and quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) seed: a review on selected factors. Advances in Crop Science and Technology. 2018. Vol. 6. Issue 2. 356 p.

10. Лозінський М.В. Добір у гібридних поколіннях пшениці озимої за вмістом і якістю клейковини. Вісник Білоцерківського державного аграрного університету. 2006. Вип. 35. С. 78–85.

11. Результати селекції пшениці м'якої озимої на поліпшення еколого-адаптивних властивостей і якісних параметрів зерна / Т.З. Москалець та ін. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 1. С. 58–63.

12. Метод гібридизації у селекції *Triticum aestivum* L. в умовах Центрального Лісостепу України: монографія / О.А. Демидов та ін. Київ: Компрінт, 2022. 267 с.

13. Технологічна оцінка клейковини зерна спельтоподібних форм пшениці / В.П. Карпенко та ін. Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН. 2015. № 2. С. 192–198.

14. Кирильчук А.М., Ковальчук С.О. Селекція на кількісні та якісні показники пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). Розширення генетичного різноманіття культурної пшениці. Агроекологічний журнал. 2021. № 2. С. 140–148.

15. Пшениця спельта / за ред. Г.М. Господаренка. Київ: ТЦВ «Сік Груп Україна», 2016. 312 с.

16. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: практикум для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 201–Агрономія / В.І. Глеваський та ін. Біла Церква, 2021. 175 с.

17. Гасанова І.І., Криворучко Н.Л. Якість зерна нових сортів пшениці озимої в північному Степу України: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Найновіше научні постиження – 2012». Болгарія, 2012. С. 40–42.

18. Конопльова Є.Л. Ефективність заходів підвищення урожайності та якості зерна пшениці озимої по попереднику чорний пар у північному Степу України. Бюлетень Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2012. № 3. С. 99–103.
19. Конопльова Є.Л. Ефективність вирощування пшениці озимої залежно від технологічних заходів в північному Степу України. Агробіологія. 2012. Вип. 7(91). С. 117–120.
20. Солодушко М.М., Гасанова І.І., Серeda І.І. Вплив мінерального живлення на якість зерна пшениці озимої в північному Степу: матеріали науково-практичної конференції молодих учених і спеціалістів: «Агротехнології для сталого виробництва конкурентоспроможної продукції». Чабани, 2012. С. 61–62.
21. Василюк П.М. Оцінка стабільності та пластичності показників продуктивності та якості нових сортів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2014. № 1(22). С. 15–18.
22. Попереля Ф.О. Три основні генетичні системи якості зерна озимої м'якої пшениці. Реалізація потенційних можливостей сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України: зб. наук. праць. Одеса, 1996. С. 117–132.
23. Животков Л.О., Корчинський А.А. Формування сортової структури пшениці. Вісник аграрної науки. 2000. № 7. С. 42–43.
24. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Київ, 2016. 158 с.
25. Озимі зернові культури / за ред. Л. О. Животкова, С.В. Бірюкова. Київ: Урожай, 1993. 288 с.
26. Гладченко В.Я., Фабричнікова І.А. Визначення кількості і якості зерна пшениці: методичні вказівки. Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2012. 16 с.
27. Effect of high-molecular-weight glutenin subunit deletion on soft wheat quality properties and sugar-snap cookie quality estimated through near-isogenic lines / X. Zhang et al. Journal of Integrative Agriculture. 2018. Vol. 17. Issue 5. P. 1066–1073.
28. Жемела Г.П., Бараболя О.В. Технологія борошномельного та круп'яного виробництва. Полтава, 2011. 292 с.
29. Сорока В.І., Уліч Л.І., Василюк П.М., Хахула В.С. Ефективне використання селекційно-генетичного потенціалу сортів пшениці озимої м'якої. Агробіологія. 2011. № 6. С. 13–19.
30. Жемела Г.П., Кузнєцова О.А. Вплив сортових властивостей на продуктивність та якість зерна пшениці. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2012. № 3. С. 23–25.
31. Amagai Y., Burdenyuk-Tarasevych L.A., Goncharov N.P., Watanabe N. Microsatellite mapping of the loci for false glume and semi-compact spike in *Triticum* L. Genetic Resources and Crop Evolution. 2017. No 64(8). P. 2105–2113.
32. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик та ін. Вінниця, 2016. 159 с.
33. Олійник К.М., Блажевич Л.Ю., Давидюк Г.В. Вплив адаптивних технологій вирощування на показники якості зерна пшениці озимої. Корми і кормовиробництво. 2018. № 86. С. 141–146.
34. Невмивако Г.В. Вплив попередників на врожайність і якість зерна озимої пшениці. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. № 4. С. 74–76.
35. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_3768_2019.pdf
36. Технологічна оцінка рослинницької продукції сортів сільськогосподарських видів. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 6–64.
35. Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення: монографія. Київ: Логос, 2011. 495 с.

REFERENCES

1. Kolomiets, L.A., Khomenko, S.O., Kyrylenko, V.V., Derhachov, O.L., Basanets, H.S. (2009). Statystychni parametry adaptyvnosti za urozhainisti novykh henotypiv pshenytsi miakoi ozymoi [Statistical parameters of adaptability by yield of new genotypes of soft winter wheat]. Visnyk Ukrainskoho tovarystva henetykiv i selektsioneriv [Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders]. Vol. 7, no. 2, pp. 198–205.
2. Burdenyuk-Tarasevych, L.A., Lozinskyi, M.V., Dubova, O.A. (2015). Osoblyvosti formuvannia dovzhyny stebly u selektsiinykh nomeriv pshenytsi ozymoi v zalezhnosti vid yikh henotypiv ta umov vyroshchuvannia [Peculiarities of stem length formation in winter wheat breeding numbers depending on their genotypes and growing conditions]. Ahrobiologiya [Agrobiology]. no. 1(117), pp. 11–15.
3. Marukhniak, A.Ya., Terletska, M.I., Prudiak, L.S. (2019). Klasternyi rozpodil henotypiv vivsa za ekolohichnoiu adaptyvnistiu kilkisnykh oznak produktyvnosti [Cluster distribution of oat genotypes by ecological adaptability of quantitative traits of productivity]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]. no. 65, pp. 77–90.
4. Kyrylenko, V.V. (2014). Tradytsiini ta suchasni metody selektsii *Triticum aestivum* L. u Myronivskomu instytuti pshenytsi imeni V.M. Remesla [Traditional and modern methods of breeding *Triticum aestivum* L. at the V.M. Remesla Myroniv Wheat Institute]. Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslin [Variety study and protection of rights to plant varieties]. no. 4(25), pp. 41–46.
5. Shuvar, A.M., Behen, L.L., Tymkiv, M.Yu., Voitovych, R.M. (2018). Formuvannia vrozhaiu i yakosti zerna pshenytsi ozymoi zalezho vid strokiv sivy ta

rivnia zhyvlennia [Formation of yield and quality of winter wheat grain depending on sowing dates and nutrition level]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo* [Foothill and mountain agriculture and livestock]. no. 63, pp. 161–173.

6. Zhemela, H.P., Barabolia, O.V., Tatarko, Yu.V., Antonovskiy, O.V. (2020). Vplyv sortovykh osoblyvostei na yakist zerna pshenytsi ozymoi [Influence of varietal characteristics on the quality of winter wheat grain]. *Scientific Progress & Innovations*. no. 3, pp. 32–39.

7. Zhemela, H.P., Musatov, A.H. (1989). *Ahrotekhnichni osnovy pidvyshchennia yakosti zerna* [Agrotechnical foundations of improving grain quality]. Kyiv, Harvest, 160 p.

8. Kozechko, V.I. (2014). Vplyv tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia na formuvannia pokaznykiv yakosti zerna pshenytsi ozymoi v umovakh pivnichnoho Stepu [The influence of technological methods of cultivation on the formation of quality indicators of winter wheat grain in the conditions of the northern Steppe]. *Scientific Progress & Innovations*. no. 2, pp. 67–73.

9. Nadew, B.B. (2018). Effects of climatic and agronomic factors on yield and quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) seed: a review on selected factors. *Advances in Crop Science and Technology*. Vol. 6, Issue 2, 356 p.

10. Lozinskyi, M.V. (2006). Dobir u hibrydnykh pokolinniakh pshenytsi ozymoi za vmistom i yakistiu kleikovyiny [Selection in hybrid generations of winter wheat for gluten content and quality]. *Visnyk Bilotserkivskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu* [Bulletin of the Bila Tserkva State Agrarian University]. no. 35, pp. 78–85.

11. Moskalets, T.Z., Moskalets, B.V., Didenko, C.Yu. (2015). Rezultaty selektsii pshenytsi miakoi ozymoi na polipshennia ekoloho-adaptyvnykh vlastyvostei i yakisnykh parametriv zerna [Results of breeding soft winter wheat to improve ecological and adaptive properties and grain quality parameters]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva* [Bulletin of the Uman National University of Horticulture]. no. 1, pp. 58–63.

12. Demydov, O.A., Kyrylenko, V.V., Humeniuk, O.V. (2022). Metod hibrydzatsii u selektsii *Triticum aestivum* L. v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy: monohrafiia. [Hybridization method in breeding *Triticum aestivum* L. in the conditions of the Central Forest-Steppe]. Kyiv, Kompynt, 267 p.

13. Karpenko, V.P., Mostoviyak, I.I., Liubych, V.V., Polianetska, I.O., Petrenko, V.V. (2015). Tekhnolohichna otsinka kleikovyiny zerna speltopodobnykh form pshenytsi [Technological assessment of gluten of spelt-like wheat grains]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN* [Collection of scientific papers of the National Scientific Center Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences]. no. 2, pp. 192–198.

14. Kyrylchuk, A.M., Kovalchuk, S.O. (2021). Seleksiia na kilkisni ta yakisni pokaznyky pshenytsi

ozymoi (*Triticum aestivum* L.). Rozshyrennia hennetchnoho riznomanittia kulturnoi pshenytsi [Selection for quantitative and qualitative indicators of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Expansion of genetic diversity of cultivated wheat]. *Ahroekolohichniy zhurnal* [Agroecological Journal]. no. 2, pp. 140–148.

15. Hospodarenko, H.M. (2016). Pshenytsia spel'ta [Spelt wheat]. Kyiv, TShchV «Sik Hrup Ukraina», 312 p.

16. Hlevaskiy, V.I., Lozinskyi, M.V., Sydorova, I.M., Shokh, S.S., Dubovyk, N.S., Kuianov, V.V. (2021). Tekhnolohiia zberihannia ta pererobky produktii roslynnytstva: praktykum dlia zdobuvachiv pershoho (bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity zi spetsialnosti 201–Ahronomiia [Technology of storage and processing of crop products: a workshop for applicants of the first (bachelor's) level of higher education in the specialty 201–Agronomy]. *Bila Tserkva*, 175 p.

17. Hasanova, I.I., Kryvoruchko, N.L. (2012). Yakist zerna novykh sortiv pshenytsi ozymoi v pivnichnomu Stepu Ukrainy: materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Nainovye nauchny postyzhennia – 2012» [Grain quality of new varieties of winter wheat in the northern Steppe of Ukraine: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference “Latest Scientific Achievements – 2012”]. *Bolharia*, pp. 40–42.

18. Konoplova, Ye.L. (2012). Efektyvnist zakhodiv pidvyshchennia urozhaivnosti ta yakosti zerna pshenytsi ozymoi po poperednyku chornyi par u pivnichnomu Stepu Ukrainy [Effectiveness of measures to increase the yield and quality of winter wheat grain using the precursor black par in the northern Steppe of Ukraine]. *Biuletyn Instytutu silskohohospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the NAAS of Ukraine]. Dnipropetrovsk, *New ideology*, no. 3, pp. 99–103.

19. Konoplova, Ye.L. (2012). Efektyvnist vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi zalezhno vid tekhnolohichnykh zakhodiv v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Effectiveness of winter wheat cultivation depending on technological measures in the northern Steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 7(91), pp. 117–120.

20. Solodushko, M.M., Hasanova, I.I., Sereda, I.I. (2012). Vplyv mineralnoho zhyvlennia na yakist zerna pshenytsi ozymoi v pivnichnomu Stepu: materialy naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistiv: «Ahrotekhnolohii dlia staloho vyrobnytstv konkurentospromozhnoi produktii» [The influence of mineral nutrition on the quality of winter wheat grain in the northern Steppe: materials of the scientific and practical conference of young scientists and specialists: "Agrotechnologies for sustainable production of competitive products"]. *Chabany*, pp. 61–62.

21. Vasyliuk, P.M. (2014). Otsinka stabilnosti ta plastychnosti pokaznykiv produktyvnosti ta yakosti novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Lisostepu Ukrainy [Assessment of stability and plasticity of productivity and quality indicators of new

varieties of soft winter wheat in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. Sortovyvchennia ta okhrona prav na sorty roslyn [Varietal study and protection of rights to plant varieties]. no. 1(22), pp. 15–18.

22. Poperelia, F.O. (1996). Try osnovni henedychni systemy yakosti zerna ozymoi miakoi pshe-nytsi [Three main genetic systems of grain quality of winter soft wheat]. Realizatsiia potentsiinykh mozhlyvostei sortiv ta hibrydiv Seleksiino-henedychnoho instytutu v umovakh Ukrainy: zb. nauk. prats [Realization of potential possibilities of varieties and hybrids of the Breeding and Genetic Institute in the conditions of Ukraine: collection of scientific works]. Odesa, pp. 117–132.

23. Zhyvotkov, L.O., Korchynskyi, A.A. (2000). Formuvannia sortovoi struktury pshe-nytsi [Formation of wheat varietal structure]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]. no. 7, pp. 42–43.

24. Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva [Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining quality indicators of crop production]. Kyiv, 2016, 158 p.

25. Zhyvotkov, L.O., Biriukov, S.V. (1993). Ozy-nyi zernovi kultury [Winter grain crops]. Kyiv, Harvest, 288 p.

26. Hladchenko, V.Ya., Fabrychnikova, I.A. (2012). Vyznachennia kilkosti i yakosti zerna pshe-nytsi: metodychni vkazivky [Determination of the quantity and quality of wheat grain: methodological guidelines]. Kharkiv, KhNTUSH im. P. Vasylenka, 16 p.

27. Zhang, X., Zhang, B., Wu, H. (2018). Effect of high-molecular-weight glutenin subunit deletion on soft wheat quality properties and sugar-snap cookie quality estimated through near-isogenic lines. Journal of Integrative Agriculture. Vol. 17, Issue 5, pp. 1066–1073.

28. Zhemela, H.P., Barabolia O.V. (2011). Tekhnolohiia boroshnomelnoho ta krupiano-vo vyrobnytstva [Technology of flour milling and cereal production]. Poltava, 292 p.

29. Soroka, V.I., Ulych, L.I., Vasyliuk, P.M., Khakhula, V.S. (2011). Efektyvne vykorystannia seleksiino-henedychnoho potentsialu sortiv pshe-nytsi ozymoi miakoi [Effective use of breeding and genetic potential of soft winter wheat varieties]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 6, pp. 13–19.

30. Zhemela, H.P., Kuznietsova, O.A. (2012). Vplyv sortovykh vlastyvostei na produktyvnist ta yakist zerna pshe-nytsi [Influence of varietal properties on the productivity and quality of wheat grain]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 3, pp. 23–25.

31. Amagai, Y., Burdenyuk-Tarasevych, L.A., Goncharov, N.P., Watanabe, N. (2017). Microsatellite mapping of the loci for false glume and semi-compact spike in *Triticum* L. Genetic Resources and Crop Evolution. no. 64(8), pp. 2105–2113.

32. Tkachyk, S.O., Kyienko, Z.B., Prysiazhniuk, L.M. (2016). Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva [Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining quality indicators of plant products]. Vinnytsia, 159 p.

33. Oliinyk, K.M., Blazhevych, L.Yu., Davy-duk, H.V. (2018). Vplyv adaptivnykh tekhnolohii vyroshchuvannia na pokaznyky yakosti zerna pshe-nytsi ozymoi [The influence of adaptive cultivation technologies on the quality indicators of winter wheat grain]. Kormy i kormovyrobnytstvo [Feed and feed production]. no. 86, pp. 141–146.

34. Nevmyvako, H.V. (2008). Vplyv popered-nykiv na vrozhaunist i yakist zerna ozymoi pshe-nytsi [The influence of predecessors on the yield and quality of winter wheat grain]. Visnyk Poltavskoi derzhav-noi ahrarnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 4, pp. 74–76.

35. DSTU 3768:2019. Pshe-nytsia. Tekhnichni umovy [DSTU 3768:2019. Wheat. Technical conditions]. Available at: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_3768_2019.pdf

36. Tkachyk, S.O. (2015). Tekhnolohichna otsinka roslynnytsoi produktsii sortiv silskohos-podarskykh vydiv. Metodyka derzhavnoi nauko-vo-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslyn. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslyn-nytsi [Technological assessment of crop production of agricultural varieties. Methodology of state scientific and technical examination of plant varieties. Methods for determining the quality indicators of crop production]. Vinnytsia, LLC «Nilan-LTD», pp. 6–64.

35. Rybalka, O.I. (2011). Yakist pshe-nytsi ta yii polipshennia: monohrafiia [Wheat quality and its improvement]. Kyiv, Lohos, 495 p.

Formation of the content and quality of grain gluten in spelt-like chernobyl radiomutants of *Triticum* L.

Dolhalyova Yu., Lozinskyi M., Ustynova H., Samoilyk M., Yurchenko A.

In the conditions of scientific 10-year crop rotation No. 1 of the Bila Tserkva Research and Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS, 10 spelt-like Chernobyl radiomutants – RM-1–10 of winter wheat were studied. The tested samples RM-1–10 were obtained as a result of chronic irradiation in sowing in 1986 and self-sowing in 1987 in agrophytocenoses of agricultural lands within 20 kilometers of the Chernobyl NPP exclusion zone.

The declared area of the experimental plot of one sample is 10 m², replication is triple. The predecessor was peas. The seeds were sown at the optimal time for the crop with a «SD-10C» seeder. For comparison, the standard of the Forest-Steppe of Ukraine – the variety «Lisova Pisnya» was used.

The aim of the research was to determine the gluten content and its quality indicators in spelt-like Chernobyl radiomutants winter wheat samples.

Gluten content was determined by infrared spectroscopy (FOOS Infratec 1241 Grain Analyzer device). Gluten quality was determined according to the methodology for conducting a qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine according to the indicators of the GDD-1 device. The extensibility and elasticity of raw gluten were also determined.

The highest gluten content on average over the years of research was noted in RM-2 and RM-9 (32.0 %), which formed an indicator at the level of the Forest Song standard – 32.4 %. The greatest variability of gluten content was established in RM-3, RM-1, RM-4, RM-2 with an indicator of the coefficient of variation of 22.2, 20.6, 20.0 and 16.5 % respectively. The lowest variability was observed in RM-7 with a difference between the highest and lowest gluten con-

tent in 2016 – 2019 of 3.8 % and a negligible coefficient of variation of 7.1 %.

In terms of the gluten deformation index, on average for 2016–2019, the first (good) and second (satisfactorily strong) gluten quality groups were not noted among the studied samples. A satisfactorily weak second quality group was formed by all the studied samples and the «Lisova Pisnya» standard.

According to the ability of raw gluten to stretch in length, on average for 2016–2019, all the studied RM samples (16.5–19.5 cm) exceeded the «Lisova Pisnya» standard (16.3 cm).

The elasticity of raw gluten of the «Lisova Pisnya» standard (4 points) exceeded the radio mutant RM-6 (4.5 points) and RM-2 (4.3 points). At the standard level, gluten elasticity was noted in RM-1, RM-5, RM-7, RM-8.

Key words: winter wheat, spelt-like radiomutants, gluten content, gluten quality, gluten extensibility, gluten elasticity, homeostasis, breeding value.



Copyright: Долгальова Ю.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:

Долгальова Ю.А.

<https://orcid.org/0000-0001-6176-2592>

Лозінський М.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>

Устинова Г.Л.

<https://orcid.org/0000-0002-3056-358X>

Самойлик М.О.

<https://orcid.org/0000-0001-8576-5368>

Юрченко А.І.

<https://orcid.org/0009-0009-5915-2053>

АГРОНОМІЯ

УДК 575.16:57.062

Онтогенез рослин в ізольованих штучних екосистемах: огляд

Іванчук А.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Іванчук А.В. E-mail: antonii.ivanchuk@gmail.com



Іванчук А.В. Онтогенез рослин в ізольованих штучних екосистемах: огляд. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 55–64.

Ivanchuk A. Plant Ontogenesis in Isolated Artificial Ecosystems. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 55–64.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-55-64

У статті висвітлено всебічний аналіз онтогенезу рослин в ізольованих штучних екосистемах, зосереджуючись на оптимізації методів мікроклонального розмноження *in vitro* та узагальненні сучасних наукових знань з цієї тематики. Ключовим результатом стало визначення критичних чинників, таких як склад поживного середовища, баланс фітогормонів та фізіологічний стан рослин-донорів, які суттєво впливають на органогенез та успіх акліматизації.

Зростаючий антропогенний тиск на природні екосистеми, зокрема зміна клімату, потребує впровадження інноваційних підходів до збереження біорізноманіття та відновлення екосистем. Метод мікроклонального розмноження рослин *in vitro* відкриває нові можливості для вирішення цих проблем.

У дослідженні розглянуто етапи онтогенезу рослин в штучних умовах, включаючи підготовку рослин-донорів, ініціацію експлантів, мультиплікацію, ризогенез та постасептичну адаптацію, з акцентом на відмінності від природного розвитку.

Було проведено бібліографічний аналіз рецензованих публікацій для систематизації знань про особливості фаз онтогенезу рослин в штучних умовах. Результати показали, що тривалість етапів онтогенезу, морфогенетичні процеси та фізіологічні механізми *in vitro* значною мірою залежать від контрольованих екологічних чинників, гормональної стимуляції та штучного живлення. Поступові протоколи акліматизації та оптимізовані умови культивування сприяли підвищенню ефективності морфогенезу та зменшенню стресу під час переходу до автотрофного живлення.

Отримані результати підкреслюють потенціал методів мікроклонального розмноження у збереженні біорізноманіття, відновленні екосистем, адаптації сільського господарства до зміни клімату та зменшенні використання пестицидів в агрофітоценозах. Цей огляд поглиблює теоретичне розуміння розвитку рослин у штучних екосистемах та надає основу для вдосконалення протоколів мікроклонального розмноження, зважаючи на перспективи сталого виробництва якісного рослинного матеріалу та масштабного екологічного відновлення.

Ключові слова: мікроклональне розмноження, біотехнологія, онтогенез рослин, екологія, *in vitro*, штучні екосистеми, асептична культура, мультиплікація, ризогенез, постасептична адаптація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Зростаючі антропогенні навантаження на природні екосистеми, такі як зміна клімату та деградація земель, потребують розробки інноваційних підходів до збереження біорізноманіття та відновлення порушених екосистем. Метод мікроклонального розмноження (МКР) рослин *in vitro* відкриває нові можливості для вирішення цих проблем.

Методи мікроклонального розмноження, які передбачають вивчення біологічних процесів поза їхнім природним контекстом, стали неоціненними в екологічних дослідженнях. Вони дозволяють швидко та ефективно відтворювати рослини, зокрема ті, що мають низьку насінневу продуктивність або важко відтворюються в природних умовах, забезпечуючи їх збереження *ex situ*. Це важливо для підтримки генетичної різноманітності та створення резервних популяцій, що можуть бути використані для відновлення природних екосистем [1, 2].

Використання методів мікроклонального розмноження сприяє зниженню потреби в хімічних засобах захисту рослин, оскільки дає можливість швидко відтворювати рослини, стійкі до шкідників та хвороб. Можливість отримання рослин, вільних від хвороб, зменшує ризики, пов'язані з патогенами, які можуть знищити популяції видів, що перебувають під загрозою зникнення [3].

Методом відбору та розмноження рослин з корисними ознаками, таких як стійкість до посухи, засолення або високих температур, можна створювати популяції, які краще адаптовані до нових кліматичних умов.

За допомогою методів мікроклонального розмноження можливо швидко отримати значну кількість садивного матеріалу для відновлення екосистем, які постраждали від природних катаклізмів або антропогенного впливу. Наприклад, використання саджанців місцевих видів дерев для відновлення лісів, які постраждали від пожеж [4].

Успішне мікроклональне розмноження *Quercus robur*, навіть з дерев віком близько 800 років, ілюструє потенціал методів *in vitro* для відновлення давніх лісів та підтримки генетичного різноманіття в цих екосистемах. Можливість отримання значної кількості генетично ідентичних рослин гарантує, що зусилля з відновлення можуть бути здійснені ефективно і результативно, задовольняючи нагальну потребу у відновленні оселищ в умовах зміни клімату і антропогенного впливу [5].

Інтеграція методів мікроклонального розмноження *in vitro* з іншими біотехнологічними досягненнями, такими як генна інженерія та кріоконсервація, розширює можливості його застосування в екологічному контексті. Наприклад, використання методів кріоконсервації в поєднанні з методами МКР дозволяє довгостроково зберігати генетичний матеріал зникаючих видів, забезпечуючи збереження їх генетичного різноманіття для майбутніх поколінь. Таке поєднання технологій забезпечує надійну основу для вирішення проблем, пов'язаних із втратою біорізноманіття [6].

Хоча початкові витрати на впровадження технології *in vitro* можуть бути вищими через потребу в спеціалізованому обладнанні та навчанні персоналу, довгострокові переваги, такі як підвищена продуктивність, якість рослинного матеріалу та зменшення втрат від хвороб, компенсують ці інвестиції. Дослідження показують, що основними складовими вартості рослин, вирощених методом тканинної культури, є електроенергія, оплата праці та хімікати [7].

Дослідження підтверджують комерційну доцільність використання методів МКР для розмноження багатьох культур. Зокрема, у роботі В.В. Мацкевича розглянуто методи МКР та постасептичної адаптації різних видів рослин, що сприяє підвищенню їхньої життєздатності та продуктивності [8].

Однією з головних переваг методів мікроклонального розмноження рослин є можливість виробляти якісний садивний матеріал, незалежно від пори року. Цей безперервний виробничий цикл забезпечує постійне постачання матеріалу для фермерів і роздрібних торговців. Крім того, вирощування з використанням методів МКР потребує значно менше простору порівняно з традиційними методами, оскільки значну кількість рослин можна культивувати *in vitro* у відносно невеликих лабораторних приміщеннях. Така економія простору означає економію коштів на утримання приміщень [9].

Останні розробки біореакторних систем значно підвищили ефективність і масштабованість комерційного мікроклонального розмноження. Біореактори забезпечують контрольоване середовище для культивування рослинних тканин, дозволяючи автоматизувати процеси та зменшити ручну працю. Ці системи сприяють кращому засвоєнню поживних речовин і газообміну, що приводить до покращених темпів росту та якості саджанців [10].

Методи мікроклонального розмноження використовують для створення нових сортів рослин, адаптованих до специфічних умов, таких як посуха чи холодний клімат, що дозволяє підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва, збільшити врожайність і розширити географію вирощування культур. Крім того, значно знижуються витрати на вирощування в довгостроковій перспективі завдяки зменшенню потреби у великій кількості посівного матеріалу. Швидке розмноження рослин скорочує час необхідний для вирощення готової до продажу продукції, підвищуючи рентабельність агробізнесу і задовольняючи попит споживачів [11].

Незважаючи на свої переваги, комерційне мікроклональне розмноження стикається з певними проблемами, серед яких можливість бактеріального зараження, потреба у кваліфікованій робочій силі та початкові витрати на створення лабораторій. Вирішення цих проблем потребує ретельної оптимізації протоколів, включаючи відбір експлантів, процедури стерилізації, формули живильних середовищ і умови навколишнього середовища. Впровадження суворих заходів контролю якості та застосування передових технологій, таких як автоматизація і використання біореакторів, може пом'якшити ці проблеми, забезпечуючи стабільне виробництво високоякісного садивного матеріалу [12, 13].

Глибоке розуміння процесів онтогенезу рослин в штучних екосистемах *in vitro* та *ex vitro* дозволить:

- Оптимізувати екологічні дослідження: використання ізолюваних умов для детального вивчення впливу окремих чинників на онтогенез рослин, дотримуючись принципу єдиної логічної відміни, дозволяє ідентифікувати причинно-наслідкові зв'язки між чинниками середовища та фізіологічними реакціями рослин.
- Зберегти генетичне різноманіття: мікроклональне розмноження може бути використане для збереження генетичного матеріалу цінних сортів рослин та дикорослих видів.
- Адаптувати сільське господарство до кліматичних змін: швидке розмноження високопродуктивних сортів дозволить оперативно замінювати культури, нестійкі до посух та інших стресів, на стійкіші сорти, що підвищить стабільність врожаїв в умовах мінливого клімату.
- Зменшити пестицидне навантаження на агрофітоценози: швидке розмноження стійких до хвороб і шкідників сортів сприятиме зменшенню використання хімічних засобів захисту рослин.

- Швидко реагувати на зміни ринку: можливість швидкого розмноження нових сортів дозволить аграріям оперативно реагувати на зміни попиту споживачів та потреби ринку, без значних додаткових витрат.

Дослідження онтогенезу рослин *in vitro* та *ex vitro* є актуальним і перспективним напрямом, який має значний потенціал для вирішення глобальних екологічних проблем в агросекторі з використанням біотехнологічних методів.

Мета дослідження. Узагальнення та аналіз сучасних наукових даних щодо особливостей онтогенезу рослин в ізолюваних штучних екосистемах, визначення ключових чинників, що впливають на їхній розвиток, а також оцінка перспектив подальших досліджень у цій сфері.

Методи дослідження. У дослідженні використано методи бібліографічного аналізу, систематизації та узагальнення наукової літератури з тематики онтогенезу рослин в ізолюваних штучних екосистемах. Інформаційною базою слугували наукові статті, опубліковані у рецензованих журналах, монографії та інші наукові джерела. Для керування бібліографічними даними та оформлення посилань застосовано менеджер джерел Zotero.

Результати дослідження та обговорення. Онтогенезом називають сукупність процесів, які визначають розвиток організму від моменту його утворення до природного завершення життєвого циклу. Ці процеси включають ряд послідовних стадій, кожна з яких характеризується фізіологічними, морфологічними та біохімічними змінами [14].

Ключовим аспектом онтогенезу є взаємодія генетичної програми організму із зовнішніми чинниками. Рослини демонструють феномен пластичності, що дозволяє їм змінювати напрямок росту або розвиток органів залежно від умов середовища, таких як освітленість, температура, наявність води чи поживних речовин. Наприклад, фотоперіодизм визначає час цвітіння багатьох рослин, тимчасом тривалі водні дефіцити порушують репродуктивні процеси та пригнічують ріст рослин, але водночас стимулюють утворення захисних структур, таких як трихоми [15].

Онтогенез рослин поділяється на наступні етапи:

1. *Ембріональний етап* починається з утворення зиготи та триває до формування зародка. На цьому етапі закладаються всі основні органи рослини. Сформоване насіння переходить в стан спокою. Цей період є критичним для подальшого розвитку, оскільки

будь-які порушення можуть призвести до аномалій або загибелі зародка.

2. *Ювенільний етап (молодість)*. За сприятливих умов навколишнього середовища насіння виходить з періоду спокою, після чого рослина переходить до стану активного наростання вегетативної маси (коренів, стебел та листків). Цей етап характеризується високою швидкістю поділу клітин та переходом рослини до автотрофного живлення.

3. *Генеративний етап* триває від початку формування генеративних органів рослини до припинення репродукції. Зменшується здатність рослини до регенерації, а також знижується активність росту вегетативних органів через перерозподіл поживних речовин та пріоритет репродукції. Цей етап є кульмінацією онтогенезу, адже впродовж нього забезпечується передача генетичної інформації наступному поколінню.

4. *Сенільний етап (старість)* – це період що триває від припинення репродукції до повного відмирання рослини. На цьому етапі поступово знижується інтенсивність життєвих процесів рослини, порушується синтез білків та накопичуються мертві клітини [14, 16].

Особливості онтогенезу *in vitro*. Культивування рослин *in vitro* забезпечує унікальні можливості для дослідження онтогенезу в контрольованих умовах. Цей процес охоплює дві основні стратегії: органогенез (формування нових органів із соматичних тканин) та соматичний ембріогенез (створення структур, подібних до зародкових, для регенерації цілої рослини) [17].

Етапи онтогенезу рослин *in vitro* подібні до тих, що відбуваються в природних умовах, однак мають специфічні особливості через контрольоване середовище, гормональну стимуляцію та штучне живлення [18].

1. Ембріональний етап:

- Утворення зародків можливе без генеративних органів через соматичний ембріогенез із калусної тканини або суспензійних культур.

- Соматичний ембріогенез імітує природний ембріогенез, але ініціюється в умовах живильного середовища за наявності ауксинів.

- Відсутність стадії спокою: розвиток ембріонів часто відбувається без перерви, що скорочує цикл [19].

2. Ювенільний етап:

- Ювенільність підтримується штучним середовищем, багатим на поживні речовини, гормони (цитокініни, ауксини) і безперервним освітленням.

- У рослин *in vitro* зберігається висока регенераційна здатність завдяки контролю умов, що затримує перехід до наступних фаз.

- Можливе явище реювенілізації: дорослі тканини повертаються до ювенільного стану під впливом специфічних умов (наприклад, культивування експлантів із генеративних рослин).

3. Генеративний етап:

- Формування генеративних органів відбувається лише за специфічного складу середовища.

4. Сенільний етап:

- Цей етап значно затримується через контрольовані умови культивування, що дозволяють подовжити життєвий цикл рослини.

- В умовах гетеротрофного живлення та додавання гормонів життєздатність клітин може підтримуватися тривалий час [14, 18].

Ключові чинники, що впливають на успішність *in vitro* онтогенезу, включають склад поживного середовища, тип фітогормонів, джерело експлантів та фізіологічні властивості вихідних рослин. Наприклад, використання цитокінінів у поєднанні з ауксинами суттєво покращує формування калусів та їх перехід до стадії регенерації органів. Вибір середовища та його модифікація впливають на детермінацію органогенезу, морфогенетичні реакції та швидкість росту [20].

Підготовчий етап МКР (етап «0»). Етап 0 мікроклонального розмноження, який ще називають етапом «відбору та підготовки рослин-донорів», має вирішальне значення для успіху наступних етапів культивування. Цей початковий етап передбачає відбір здорових рослин та оптимізацію їх фізіологічних умов.

Вирощування вихідних рослин відбувається в спеціальних депозитаріях з контрольованими умовами навколишнього середовища, такими як регульоване освітлення, температура і вологість, що покращує якість експлантів. Здійснюють попередню обробку регуляторами росту, наприклад цитокінінами чи гібереловою кислотою, для стимуляції розвитку експлантного матеріалу [1].

Перед вилученням експлантів рослини-донори піддають спеціальній обробці для покращення їхньої придатності для культивування. Використовують такі методи як обрізка для стимулювання розвитку бічних пагонів або застосування стимулюючих розчинів, що містять сахарозу і регулятори росту. Ці методи спрямовані на зміну фізіологічного стану рослини-донора, у такий спосіб покращуючи успішність ініціації культивування [21].

Важливим аспектом етапу 0 в МКР є забезпечення відсутності на рослинах-донорах патогенів, таких як грибки, бактерії, віруси та інші мікроорганізми, які можуть поставити під загрозу успіх культивування *in vitro*. Зараження патогенами призводить до погіршення приживлюваності культури, зниження темпів росту або повної зупинки процесу. Тому для ізоляції та захисту рослин-донорів від патогенів застосовують комплекс діагностичних, профілактичних та лікувальних заходів [22].

I етап МКР (отримання асептичної культури). Перший етап розмноження *in vitro* передбачає отримання асептичної культури у контрольованому середовищі, забезпечення її виживання та оптимізацію початкового росту. Він включає відбір відповідного матеріалу для експлантації та внесення експлантату у відповідне живильне середовище в стерильних умовах [14].

Експланти можуть бути отримані з різних частин рослин, включаючи кінчики пагонів, вузлові сегменти, листя або інші тканини, залежно від виду та бажаних результатів. Незрілі органи зазвичай мають вищу здатність до морфогенезу *in vitro*. Наприклад, за мікроклонального розмноження *Aloe trichosantha* для розробки ефективного протоколу розмноження *in vitro* як експланти використовували відгалуження пагонів [23].

Застосування відповідних препаратів має вирішальне значення для усунення або пригнічення патогенів і шкідників, які можуть зашкодити культурам *in vitro*. Для дезінфекції експлантатів зазвичай використовують засоби поверхневої стерилізації, такі як етанол і гіпохлорит натрію. Для захисту від ендofітних мікроорганізмів на первинні експланти наносять системні фунгіциди та бактерициди. Оптимізація цих обробок є життєво важливою для забезпечення балансу між знищенням патогенів і збереженням життєздатності експлантатів [14, 24].

Після стерилізації експланти поміщають на відповідне живильне середовище в асептичних умовах, щоб стимулювати початковий ріст і розвиток. До поживного середовища додають регулятори росту рослин, щоб стимулювати поділ і диференціацію клітин. Чинники навколишнього середовища, включаючи світло, температуру і вологість, ретельно контролюють для підтримки оптимального росту [14, 25].

Перший етап розмноження *in vitro* має вирішальне значення для приживлення експлантатів і значною мірою залежить від генетичних, фізіологічних та екологічних

чинників. Такі методи як оптимізація поживних середовищ і відбір ювенільних тканин, підвищують ймовірність успіху. Успішне завершення першого етапу приводить до створення асептичних культур з активним ростом, закладаючи основу для наступних етапів мікроклонального розмноження [26, 27].

II етап МКР (мультиплікація). Другий етап розмноження *in vitro*, який зазвичай називають мультиплікацією або живцюванням, зосереджений на швидкому збільшенні кількості пагонів, отриманих від первинного експланта. Ця фаза має вирішальне значення для отримання значної кількості саджанців за відносно короткий період [14].

Етап мультиплікації включає субкультивування нових пагонів на свіже живильне середовище для сприяння подальшій проліферації з метою експоненціального збільшення кількості пагонів. Зазвичай використовують модифіковані середовища, такі як MS (Murashige і Skoog) або WPM (Wood Plant Medium) [28].

Підтримання оптимальних умов навколишнього середовища також має важливе значення на етапі мультиплікації, оскільки ці чинники впливають на швидкість проліферації пагонів і загальний стан здоров'я рослин.

Успіх цього етапу значною мірою залежить від складу живильного середовища, зокрема від концентрації цитокинінів та ауксинів – регуляторів росту рослин, які сприяють поділу клітин та утворенню пагонів. Оптимізація балансу цитокинінів та ауксинів у середовищі, а також регулювання інтервалів субкультивування має важливе значення для досягнення максимальної швидкості проліферації [4, 29].

III етап МКР (ініціація ризогенезу). III етап мікроклонального розмноження, який зазвичай називають індукцією ризогенезу, є ключовим для успішного перетворення пагонів, вирощених *in vitro*, на повністю розвинені рослини, здатні до самостійного росту. На цьому етапі відбувається стимулювання коренеутворення, у такий спосіб саджанці готуються до аклімації та подальшого перенесення в умови відкритого ґрунту [14, 30].

На етапі ініціації ризогенезу пагони, отримані раніше, переносять у сприятливе для розвитку коренів середовище. Склад цього середовища має вирішальне значення – воно містить підвищений вміст ауксинів – регуляторів росту рослин, які сприяють ініціації ризогенезу та подовженню коренів. До найпоширеніших ауксинів, які використовують на цьому етапі належать індол-3-масляна

кислота (ІМК) та нафталіноцтова кислота (НОК). Формули середовищ ретельно оптимізують з урахуванням реакції конкретного виду, оскільки невідповідні концентрації можуть пригнічувати укорінення або призводити до аномальних змін в структурі коренів [31].

Середовище Мурасіге і Скуга (МС) та його модифікації широко використовують на цьому етапі завдяки їхній адаптивності. Зменшення вмісту азоту або зміна концентрації солей може покращити ефективність укорінення. Іноді для поглинання токсичних метаболітів і створення більш сприятливого середовища для росту коренів додають активоване вугілля [14, 30].

Ауксини можна використовувати в поєднанні з іншими регуляторами росту рослин, такими як цитокініни, щоб збалансувати співвідношення пагонів до коренів. Попередня обробка експлантів розчинами ауксинів також є поширеною практикою для підвищення швидкості ініціації ризогенезу та якості коренів, особливо у видів, які важко вкорінюються [32].

IV етап МКР (постасептична адаптація). Аклімація, або постасептична адаптація передбачає поступове перенесення рослин розмножених методами МКР з контрольованого стерильного середовища до більш динамічних і складних умов теплиці або польових умов [33].

Основна мета полягає в тому, щоб підготувати саджанці до стресів, таких як коливання температури, вологості та інтенсивності світла.

Успіх акліматизації залежить від здатності саджанця адаптуватися до нових умов навколишнього середовища. Це потребує значних фізіологічних та морфологічних змін. Умови *in vitro* зазвичай характеризуються високою вологістю та низькою інтенсивністю транспірації, що може призвести до фізіологічного шоку, коли рослини потрапляють у більш сухі та мінливі умови зовнішнього середовища. Щоб пом'якшити цей шок, зазвичай саджанці спочатку розміщують у контрольованому середовищі, наприклад, у теплиці, де вологість можна поступово знижувати. Такий поступовий вплив допомагає підвищити здатність рослин регулювати втрату води та адаптуватися до нових умов поглинання поживних речовин, що є критично важливим для їхнього приживання в польових умовах [34, 35].

Вибір субстрату і способу посадки під час акліматизації може суттєво вплинути на рівень успіху. Використання добре дренованого субстрату, який утримує достатню

кількість вологи, забезпечуючи необхідну аерацію, є життєво важливим. Дослідження показали, що субстрати, збагачені органічними речовинами, можуть покращити укорінення коренів і загальну життєздатність рослин після акліматизації [36]. Крім того, час перенесення з умов *in vitro* в умови *ex vitro* має вирішальне значення – саджанці мають бути достатньо вкоріненими і демонструвати здоровий ріст перед тим, як потрапити в зовнішні умови [37].

Умови освітлення також відіграють важливу роль у процесі аклімації. Надалі та ін. повідомили, що застосування монохроматичного світла позитивно вплинуло на успішність аклімації орхідей, вказуючи на те, що якість світла може впливати на пристосованість рослин до умов *ex vitro*. Цей висновок узгоджується з більш широким розумінням того, що інтенсивність і якість світла слід ретельно контролювати для запобігання стресу під час фази аклімації [38].

Мохаммед та ін. підкреслюють, що коливання температури навколишнього середовища та відносної вологості можуть негативно впливати на ріст рослин під час цього переходу. Тому підтримка стабільних умов навколишнього середовища має важливе значення для мінімізації стресу та сприяння успішній аклімації [39].

Висновки. Аналіз наукової літератури показав, що онтогенез рослин в умовах *in vitro* має специфічні особливості порівняно з природними умовами, включаючи відмінності у тривалості етапів розвитку, перебігу морфогенетичних процесів та фізіологічних механізмів, що зумовлено контрольованим середовищем та гормональною регуляцією.

Ключовими чинниками, що впливають на успішність онтогенезу *in vitro*, є склад поживного середовища, баланс фітогормонів, фізіологічний стан та генетичні особливості вихідних рослин, а також параметри мікроклімату (освітлення, температура, вологість). Оптимізація цих чинників дозволяє суттєво підвищити ефективність МКР.

Постасептична адаптація є критично важливим етапом, що забезпечує перехід рослин до автотрофного живлення та їх пристосування до умов відкритого середовища. Успішність цього етапу залежить від поступовості зміни умов культивування, вибору відповідного субстрату та регуляції освітлення й вологості.

Методи мікроклонального розмноження мають значний потенціал для вирішення глобальних екологічних проблем, зокрема

для збереження генетичного різноманіття, відновлення порушених екосистем, адаптації сільського господарства до кліматичних змін та зменшення пестицидного навантаження на агрофітоценози.

Перспективними напрямками досліджень онтогенезу рослин в ізолюваних штучних екосистемах є вдосконалення протоколів розмноження, оптимізація процесів постасептичної адаптації та інтеграція методів МКР з іншими біотехнологічними підходами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. In vitro Propagation of Some Threatened Plant Species of India / C.R. Deb et al. *Current Science*. 2018. Vol. 114. No 03. P. 567. DOI: 10.18520/cs/v114/i03/567-575.
2. Ghareb H.E.-S., Ibrahim S.D., Hegazi G.A. E.-M. In vitro propagation and DNA barcode analysis of the endangered *Silene schimperiana* in Saint Katherine protectorate. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2020. Vol. 18. No 1. 41 p. DOI: 10.1186/s43141-020-00052-8.
3. In vitro Propagation Journey of Ornamental *Gladiolus* (*Gladiolus* Species): A Systematic Review Analysis Based on More Than 50 Years Research / M. Kumar et al. *Horticulturae*. 2024. Vol. 10. No 2. 148 p. DOI: 10.3390/horticulturae10020148.
4. Plants in vitro propagation with its applications in food, pharmaceuticals and cosmetic industries; current scenario and future approaches / A. Hasnain et al. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 21 p. DOI: 10.3389/fpls.2022.1009395.
5. Successful In vitro Shoot Multiplication of *Quercus robur* L. / P. Chmielarz et al. *Trees Aged up to 800 Years*. *Plants*. 2023. Vol. 12. No 12. 2230 p. DOI: 10.3390/plants12122230.
6. Al-Ahmad H. In vitro Decoated Seed Germination and Seedling Development for Propagation of Wild Mandrake (*Mandragora autumnalis* Bertol.). *Plants*. 2020. Vol. 9. No 10. 1339 p. DOI: 10.3390/plants9101339.
7. Tomar U., Neg U., Sinha A.K., Dantu P. An Overview of the Economic Factors Influencing Micropropagation. *My Forest*. 2008. URL: https://www.researchgate.net/publication/236149384_An_Overview_of_the_Economic_Factors_Influencing_Micropropagation.
8. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження видів рослин in vitro та їх постасептична адаптація. Суми: Сумський національний аграрний університет, 2021. 402 с. URL: https://science.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/dis_matkevitch_compressed-1-190.pdf.
9. Chen J., Henny R.J. Commercial Production of Ornamental Tropical Foliage Plants: Micropropagation: ENH1259/EP520, 5/2015. *EDIS*. 2015. Vol. 2015. No 5. 4 p. DOI: 10.32473/edis-ep520-2015.
10. 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. 17 p. DOI: 10.3389/fpls.2023.1159588.
11. Chawla H.S. Introduction to plant biotechnology. Enfield, NH Jersey Plymouth: Science Publishers. 2009. 698 p.
12. Kitto S.L. Commercial Micropropagation. *HortScience*. 1997. Vol. 32. No 6. P. 1012–1014. DOI: 10.21273/HORTSCI.32.6.1012.
13. An Academic and Technical Overview on Plant Micropropagation Challenges / N. Abdalla et al. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. No 8. 677 p. DOI: 10.3390/horticulturae8080677.
14. Мікроклональне розмноження рослин / В.В. Мацкевич та ін. Суми, 2023. 209 с. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9275>.
15. 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.
16. Григорчук І.В. Фізіологія рослин (курс лекцій): навч. посіб. Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня «Рута», 2021. 194 с. URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1298573/mod_resource/content/0/Hryhorchuk-I.D.-Fiziologia-roslyn-%28kurs-lektsii%29.pdf.
17. Bhatia S., Bera T. Somatic Embryogenesis and Organogenesis. *Modern Applications of Plant Biotechnology in Pharmaceutical Sciences*. Elsevier. 2015. P. 209–230. DOI: 10.1016/B978-0-12-802221-4.00006-6.
18. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин: монографія. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/2015>.
19. Gaj M.D. Factors Influencing Somatic Embryogenesis Induction and Plant Regeneration with Particular Reference to *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Plant Growth Regulation*. 2004. Vol. 43. No 1. P. 27–47. DOI: 10.1023/B:GROW.0000038275.29262.fb.
20. 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.
21. Rathour A., Kumar R. Plant Propagation Techniques in Horticulture. *Recent Trend in Agriculture*. New Delhi, 2023. P. 125–140. URL: https://www.researchgate.net/publication/375342362_Plant_Propagation_Techniques_in_Horticulture.
22. Leifert C., Cassells A.C. Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2001. Vol. 37. No. 2. P. 133–138. DOI: 10.1007/s11627-001-0025-y.
23. Hailu A., Sbhatu D.B., Abraha H.B. In vitro Micropropagation of Industrially and Medicinally Useful Plant *Aloe trichosantha* Berger Using Offshoot Cuttings. *The Scientific World Journal*. 2020. Vol. 2020. P. 1–7. DOI: 10.1155/2020/3947162.
24. 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. 670 p. DOI: 10.3390/plants10040670.

25. Tesliuk N.I., Lytvyn M.L., Hudzenko T.V. Optimization of the nutrient medium for the primary stages of common walnut microclonal propagation in vitro. *Microbiology & Biotechnology*. 2023. No 3(56). P. 24–33. DOI: 10.18524/2307-4663.2022.3(56).265806.

26. Krivmane B., Ruņģe K.S., Samsone I., Ruņģis D.E. Differentially Expressed Conserved Plant Vegetative Phase-Change-Related microRNAs in Mature and Rejuvenated Silver Birch In vitro Propagated Tissues. *Plants*. 2023. Vol. 12. No 10. 1993 p. DOI: 10.3390/plants12101993.

27. Light condition, flask sealing, and cultivation time on the germination and initial in vitro development of *Dendrobium nobile* Lindl / I.D.S. Ribeiro et al. *Ornamental Horticulture*. 2022. Vol. 28. No 4. P. 407–413. DOI: 10.1590/2447-536x.v28i4.2515.

28. Gashi B., Abdullai K., Sota V., Kongjika E. Micropropagation and in vitro conservation of the rare and threatened plants *Ramonda serbica* and *Ramonda nathaliae*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2015. Vol. 21. No 1. P. 123–136. DOI: 10.1007/s12298-014-0261-3.

29. Kumar N., Reddy M. In vitro Plant Propagation: A Review. *Journal of Forest and Environmental Science*. 2011. Vol. 27. URL: https://www.researchgate.net/publication/263638941_In_vitro_Plant_Propagation_A_Review.

30. Torres K.C. Stages of Micropropagation. *Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops*. Boston, MA:Springer US, 1989. P. 52–65. DOI: 10.1007/978-1-4615-9756-8_3.

31. Genome size analysis of field grown and somatic embryo regenerated plants in *Allium sativum* L. / M.Q. Malik et al. *Journal of Applied Genetics*. 2020. Vol. 61. No 1. P. 25–35. DOI: 10.1007/s13535-019-00536-5.

32. Pacholczak A., Nowakowska K. Optimizing micropropagation of *Miscanthus sinensis* ‘Gold Bar’ by shortening the production cycle and reducing acclimation stress through the use of selected growth regulators. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2024. Vol. 159. No 2. 28 p. DOI: 10.1007/s11240-024-02886-3.

33. Jagiełło-Kubiec K., Nowakowska K., Łukaszevska A. J., Pacholczak A. Acclimation to Ex Vitro Conditions in Ninebark. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. No 4. 612 p. DOI: 10.3390/agronomy11040612.

34. Identification and micropropagation of virus-free black pepper genotypes (*Piper nigrum* L.) / G.K.S. Ramos et al. *Revista Ciência Agrícola*. 2020. Vol. 18. No 1. P. 57–64. DOI: 10.28998/rca.v18i1.7049.

35. Purmale L., Osvalde A., Karlsons A., Ievinsh G. Comparison of two subspecies of a halophytic multi-use plant *Mertensia maritima* in vitro and ex vitro: propagation, salinity tolerance and mineral nutrition. *Environmental and Experimental Biology*. 2024. Vol. 22. No 1. P. 29–40. DOI: 10.22364/eeb.22.04.

36. Fan C., Manivannan A., Wei H. Light Quality-Mediated Influence of Morphogenesis in Micropropagated Horticultural Crops: A Comprehensive Overview. *BioMed Research International*. 2022. Vol. 2022. P. 1–11. DOI: 10.1155/2022/4615079.

37. Micropropagation and Production of Health Promoting Lignans in *Linum usitatissimum* / I. Khan et al. *Plants*. 2020. Vol. 9. No 6. 728 p. DOI: 10.3390/plants9060728.

38. Impact of monochromatic lights on the in vitro development of *Cattleya walkeriana* and effects on acclimatization / M.C. Nadal et al. *Ornamental Horticulture*. 2023. Vol. 29. No 2. P. 238–248. DOI: 10.1590/2447-536x.v29i2.2610.

39. Mohammed M., Munir M., Ghazzawy H.S. Design and Evaluation of a Smart Ex Vitro Acclimatization System for Tissue Culture Plantlets. *Agronomy*. 2022. Vol. 13. No 1. 78 p. DOI: 10.3390/agronomy13010078.

REFERENCES

1. Deb, C.R., Rout, G.R., Mao, A.A., Nandi, S.K., Nilasana Singha, R.K., Vijayan, D., Langhu, T., Kikon, Z.P., Pradhan, S., Tariq, M., Swain, D. (2018). In vitro Propagation of Some Threatened Plant Species of India. *Current Science*. Vol. 114, no. 03, 567 p. DOI: 10.18520/cs/v114/i03/567-575.

2. Ghareb, H.E.-S., Ibrahim, S.D., Hegazi, G.A.E.-M. (2020). In vitro propagation and DNA barcode analysis of the endangered *Silene schimperiana* in Saint Katherine protectorate. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. Vol. 18, no. 1, 41 p. DOI: 10.1186/s43141-020-00052-8.

3. Kumar, M., Chaudhary, V., Sirohi, U., Singh, J., Yadav, M.K., Prakash, S., Kumar, A., Kumar, V., Pal, V., Chauhan, C., Kaushik, K., Shukla, D., Motla, R., Kumar, S., Malik, S. (2024). In vitro Propagation Journey of Ornamental *Gladiolus* (*Gladiolus* Species): A Systematic Review Analysis Based on More Than 50 Years Research. *Horticulturae*. Vol. 10, no. 2, 148 p. DOI: 10.3390/horticulturae10020148.

4. Hasnain, A., Naqvi, S.A.H., Ayesha, S.I., Khalid, F., Ellahi, M., Iqbal, S., Hassan, M.Z., Abbas, A., Adamski, R., Markowska, D., Baazeem, A., Mustafa, G., Moustafa, M., Hasan, M.E., Abdelhamid, M.M.A. (2022). Plants in vitro propagation with its applications in food, pharmaceuticals and cosmetic industries; current scenario and future approaches. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 13, 21 p. DOI: 10.3389/fpls.2022.1009395.

5. Chmielarz, P., Kotlarski, S., Kalembe, E.M., Martins, J.P.R., Michalak, M. (2023). Successful In vitro Shoot Multiplication of *Quercus robur* L. Trees Aged up to 800 Years. *Plants*. Vol. 12, no. 12, 2230 p. DOI: 10.3390/plants12122230.

6. Al-Ahmad, H. (2020). In vitro Decoated Seed Germination and Seedling Development for Propagation of Wild Mandrake (*Mandragora autumnalis* Bertol.). *Plants*. Vol. 9, no. 10, 1339 p. DOI: 10.3390/plants9101339.

7. Tomar, U., Neg, U., Sinha, A.K., Dantu, P. (2008). An Overview of the Economic Factors Influ-

encing Micropropagation. My Forest. Available at: https://www.researchgate.net/publication/236149384_An_Overview_of_the_Economic_Factors_Influencing_Micropropagation.

8. Matskevych, V.V. (2021) Mikroklonalne rozmnozhenia vydiv roslyn in vitro ta yikh postaseptychna adaptatsiia [Microclonal propagation of plant species in vitro and their post-septic adaptation]. Sumy, 402 p. Available at: https://science.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/dis_mackevit_compressed-1-190.pdf.

9. Chen, J., Henny, R.J. (2015). Commercial Production of Ornamental Tropical Foliage Plants: Micropropagation: ENH1259/EP520, 5/2015. EDIS. Vol. 2015, no. 5, 4 p. DOI: 10.32473/edis-ep520-2015.

10. 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, 17 p. DOI: 10.3389/fpls.2023.1159588.

11. Chawla, H.S. (2009). Introduction to plant biotechnology. Third edition. Enfield, NH Jersey Plymouth, Science Publishers, 698 p.

12. Kitto, S.L. (1997). Commercial Micropropagation. *HortScience*. Vol. 32, no. 6, pp. 1012–1014. DOI: 10.21273/HORTSCI.32.6.1012.

13. Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M.K., El-Mahrouk, M.E., Taha, N., Bayoumi, Y., Shalaby, T.A., Dobránszki, J. (2022). An Academic and Technical Overview on Plant Micropropagation Challenges. *Horticulturae*. Vol. 8, no. 8, 677 p. DOI: 10.3390/horticulturae8080677.

14. Matskevych, V.V., Kravchenko, N.V., Podhaietskyi, A.A., Matskevych, O.V., Shyta, O.P., Hnitskyi, M.O. (2023) Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn [Microclonal propagation of plants]. Sumy, 209 p. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9275>.

15. Raza, A., Ashraf, F., Zou, X., Zhang, X., Tosif, H. (2020). Plant Adaptation and Tolerance to Environmental 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.

16. Hryhorchuk, I.V. (2021). Fiziologhiia roslyn (kurs lektsii): navch. posib. [Physiology of plants (course of lectures)]. Kamianets-Podilskyi, «Ruta Printing House» LLC, 194 p. Available at: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1298573/mod_resource/content/0/Hryhorchuk-I.D.-Fiziologhiia-roslyn-%28kurs-lektsii%29.pdf.

17. Bhatia, S., Bera, T. (2015). Somatic Embryogenesis and Organogenesis. *Modern Applications of Plant Biotechnology in Pharmaceutical Sciences*. Elsevier, pp. 209–230. DOI: 10.1016/B978-0-12-802221-4.00006-6.

18. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.A. (2018). Osoblyvosti mikroklonalnoho rozmnozhenia vydiv roslyn: monohrafiia [Features of microclonal reproduction of plant species]. Bila Tserkva, BNAU, 209 p. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/2015>.

19. Gaj, M.D. (2004). Factors Influencing Somatic Embryogenesis Induction and Plant Regeneration with Particular Reference to *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Plant Growth Regulation*. Vol. 43, no. 1, pp. 27–47. DOI: 10.1023/B:GROW.0000038275.29262.fb.

20. Thorpe, T.A. (2007). History of plant tissue culture. *Molecular Biotechnology*. Vol. 37, no. 2, pp. 169–180. DOI: 10.1007/s12033-007-0031-3.

21. Rathour, A., Kumar, R. (2023). Plant Propagation Techniques in Horticulture. *Recent Trend in Agriculture*. New Delhi, pp. 125–140. Available at: https://www.researchgate.net/publication/375342362_Plant_Propagation_Techniques_in_Horticulture.

22. Leifert, C., Cassells, A.C. (2001). Microbial hazards in plant tissue and cell cultures. In *vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. Vol. 37, no. 2, pp. 133–138. DOI: 10.1007/s11627-001-0025-y.

23. Hailu, A., Sbhatu, D.B., Abraha, H.B. (2020). In vitro Micropropagation of Industrially and Medicinally Useful Plant *Aloe trichosantha* Berger Using Offshoot Cuttings. *The Scientific World Journal*. Vol. 2020, pp. 1–7. DOI: 10.1155/2020/3947162.

24. Magyar-Tábori, K., Mendler-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, no. 4, 670 p. DOI: 10.3390/plants10040670.

25. Tesliuk, N.I., Lytvyn, M.L., Hudzenko, T.V. (2023). Optimization of the nutrient medium for the primary stages of common walnut microclonal propagation in vitro. *Microbiology & Biotechnology*. no. 3(56), pp. 24–33. DOI: 10.18524/2307-4663.2022.3(56).265806.

26. Krivmane, B., Ruņģe, K.S., Samsone, I., Ruņģis, D.E. (2023). Differentially Expressed Conserved Plant Vegetative Phase-Change-Related microRNAs in Mature and Rejuvenated Silver Birch In vitro Propagated Tissues. *Plants*. Vol. 12, no. 10, 1993 p. DOI: 10.3390/plants12101993.

27. Ribeiro, I.D.S., Ribeiro, L.M., Soares, J.S., Ramos, J.C.M., Sorgato, J.C. (2022). Light condition, flask sealing, and cultivation time on the germination and initial in vitro development of *Dendrobium nobile* Lindl. *Ornamental Horticulture*. Vol. 28, no. 4, pp. 407–413. DOI: 10.1590/2447-536x.v28i4.2515.

28. Gashi, B., Abdullai, K., Sota, V., Kongjika, E. (2015). Micropropagation and in vitro conservation of the rare and threatened plants *Ramonda serbica* and *Ramonda nathaliae*. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. Vol. 21, no. 1, pp. 123–136. DOI: 10.1007/s12298-014-0261-3.

29. Kumar, N., Reddy, M. (2011). In vitro Plant Propagation: A Review. *Journal of Forest and Environmental Science*. Vol. 27. Available at: https://www.researchgate.net/publication/263638941_In_vitro_Plant_Propagation_A_Review.

30. Torres, K.C. (1989). Stages of Micropropagation. *Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops*. Boston, MA, Springer US, pp. 52–65. DOI: 10.1007/978-1-4615-9756-8_3.

31. Malik, M.Q., Mujib, A., Gulzar, B., Zafar, N., Syeed, R., Mamgain, J., Ejaz, B. (2020). Genome size analysis of field grown and somatic embryo regenerated plants in *Allium sativum* L. *Journal of Applied Genetics*. Vol. 61, no. 1, pp. 25–35. DOI: 10.1007/s13353-019-00536-5.

32. Pacholczak, A., Nowakowska, K. (2024). Optimizing micropropagation of *Miscanthus sinensis* “Gold Bar” by shortening the production cycle and reducing acclimation stress through the use of selected growth regulators. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. Vol. 159, no. 2, 28 p. DOI: 10.1007/s11240-024-02886-3.

33. Jagiełło-Kubiec, K., Nowakowska, K., Łukaszevska, A.J., Pacholczak, A. (2021). Acclimation to Ex Vitro Conditions in Ninebark. *Agronomy*. Vol. 11, no. 4, 612 p. DOI: 10.3390/agronomy11040612.

34. Ramos, G.K.S., Lemos, O.F.D., Cunha, E.F.M., Boari, A.D.J., Mendonça, D.P., Dos Santos, L.R.R., Rodrigues, S.D.M., De Menezes, I.C. (2020). Identification and micropropagation of virus-free black pepper genotypes (*Piper nigrum* L.). *Revista Ciência Agrícola*. Vol. 18, no. 1, pp. 57–64. DOI: 10.28998/rca.v18i1.7049.

35. Purmale, L., Osvalde, A., Karlsons, A., Ievinsh, G. (2024). Comparison of two subspecies of a halophytic multi-use plant *Mertensia maritima* in vitro and ex vitro: propagation, salinity tolerance and mineral nutrition. *Environmental and Experimental Biology*. Vol. 22, no. 1, pp. 29–40. DOI: 10.22364/eeb.22.04.

36. Fan, C., Manivannan, A., Wei, H. (2022). Light Quality-Mediated Influence of Morphogenesis in Micropropagated Horticultural Crops: A Comprehensive Overview. *BioMed Research International*. Vol. 2022, pp. 1–11. DOI: 10.1155/2022/4615079.

37. Khan, I., Khan, M.A., Shehzad, M.A., Ali, A., Mohammad, S., Ali, H., Alyemeni, M.N., Ahmad, P. (2020). Micropropagation and Production of Health Promoting Lignans in *Linum usitatissimum*. *Plants*. Vol. 9, no. 6, 728 p. DOI: 10.3390/plants9060728.

38. Nadal, M.C., Machado, N.B., Santos, C.S.D., Flores, J.H.N., Dória, J., Pasqual, M. (2023). Impact of monochromatic lights on the in vitro development of *Cattleya walkeriana* and effects on acclimatization. *Ornamental Horticulture*. Vol. 29, no. 2, pp. 238–248. DOI: 10.1590/2447-536x.v29i2.2610.

39. Mohammed, M., Munir, M., Ghazzawy, H.S. (2022). Design and Evaluation of a Smart Ex Vitro Acclimatization System for Tissue Culture Plantlets. *Agronomy*. Vol. 13, no. 1, 78 p. DOI: 10.3390/agronomy13010078.

Plant ontogenesis in isolated artificial ecosystems: a review

Ivanchuk A.

This paper presents a comprehensive analysis of plant ontogenesis in isolated artificial ecosystems, focusing on optimizing in vitro microclonal propagation techniques and generalization of current scientific knowledge on this topic. The key result was the identification of critical factors, including nutrient medium composition, phytohormonal balance, and donor plant physiological conditions, significantly affecting organogenesis and acclimatization success.

Increasing anthropogenic pressure on natural ecosystems, such as climate changes requires innovative approaches to biodiversity conservation and ecosystems restoration. In vitro microclonal propagation of plants opens up new possibilities for solving these problems. This research investigated the distinct phases of plant ontogenesis in artificial conditions, including donor plant preparation, explant initiation, multiplication, rooting and post-aseptic adaptation, with an emphasis on the difference from natural development.

A bibliographic analysis of peer-reviewed publications was conducted to systematize knowledge on the peculiarities of plant development phases in artificial conditions. The results showed that the duration of ontogenetic stages, morphogenetic processes, and physiological mechanisms in vitro depend heavily on controlled environmental factors, hormonal stimulation and artificial nutrition. Gradual acclimatization protocols and optimized cultivation conditions resulted in increased efficiency of morphogenesis and decreased stress during the transition to autotrophic nutrition.

The obtained results highlight the potential of micropropagation techniques in biodiversity conservation, ecosystems restoration, agriculture adaptation to climate changes, and reduction of pesticide use in agrophytocenoses. This review deepens the theoretical understanding of plant development in artificial ecosystems and provides a basis for improving micropropagation protocols, taking into account the prospects for sustainable production of high-quality plant material and large-scale ecological restoration.

Key words: micropropagation, biotechnology, plant tissue culture, plant ontogenesis, ecology, in vitro, artificial ecosystems, aseptic culture, multiplication, rhizogenesis, post-aseptic adaptation.



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 631.811.98:631.816.1:633.15

Енергетична ефективність застосування різних норм мінеральних добрив та регуляторів росту рослин за вирощування кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України

Каленська С.М. , Єрмакова Л.М. , Свистунов Ю.В. , Антал Т.В. *Національний університет біоресурсів і природокористування України*Антал Т.В. E-mail: taniantal@ukr.net

Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Свистунов Ю.В., Антал Т.В. Енергетична ефективність застосування різних норм мінеральних добрив та регуляторів росту рослин за вирощування кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 65–74.

Kalenska S., Ermakova L., Svistunov Y., Antal T. Energy efficiency of using different rates of mineral fertilizers and plant growth regulators in corn growing in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiologia», 2025. no. 1, pp. 65–74.

Рукопис отримано: 19.03.2025 р.

Прийнято: 03.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-65-74

У світовій практиці поряд з оцінкою економічної ефективності запроваджуваних елементів у технологіях вирощування все більшого поширення набуває енергетична оцінка. Це обумовлено, з одного боку, наявністю глобальної проблеми зменшення викопних енергетичних ресурсів, а з іншого, необхідністю їх економії внаслідок здорожчання. В аграрному секторі України, як відомо, потреба в енергетичній оцінці виникла в країні наприкінці 80-х – початку 90-х років внаслідок інфляції грошей, що обумовило пошук енергоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Сутність енергетичної оцінки полягає у встановленні співвідношення валової енергії врожаю до кількості сукупної енергії, затраченої на його вирощування, що уособлюється в енергетичному коефіцієнті. У статті представлено результати здійсненого розрахунку показників енергетичної ефективності елементів технології вирощування гібридів кукурудзи на зерно за факторами дослідів в умовах Лівобережного Лісостепу.

Опрацювання останніх досліджень вітчизняних вчених засвідчує, що питанням встановлення оптимальних норм мінеральних добрив за вирощування кукурудзи приділено достатньо уваги, проте й донині недостатньо висвітлені питання визначення реакції гібридів кукурудзи на застосування регуляторів росту рослин, встановлення ефективної норми їх внесення та мікродоз застосування за різних норм мінеральних добрив в умовах Лівобережного Лісостепу України.

За наведеними даними визначення енергетичної ефективності норм мінеральних добрив та регулятора росту рослин Вітазім для обробки посівів кукурудзи, найвищий рівень урожайності (11,11 т/га), вихід енергії акумульованої урожаєм (195536 МДж/га) та коефіцієнт енергетичної ефективності (5,78) отримано за вирощування гібрида Александра на фоні розрахункової норми мінеральних добрив та обробки посівів регулятором росту рослин Вітазім у 17 мікродоз за шкалою ВВШН з нормою витрати препарату 1,0 л/га.

Проведені розрахунки енергетичної ефективності дозволили встановити ефективні варіанти обробки насіння та посівів залежно від виду регулятора росту. За обробки лише насіння незначну перевагу відмічено у регулятора росту Вуксал. Зокрема, урожайність зросла на 0,59 т/га у гібрида Дніпровський 257 СВ;

0,74 т/га – Алєксандра; 0,70 т/га – Оксїєжен, що відповідно на 0,03; 0,11 та 0,10 т/га більше порівняно з обробкою насіння Вітазимом. Найбільш висока енергетична ефективність отримана за проведення комплексної обробки насіння та посівів регулятором росту Вітазим у 17-ту мікростадію ВВСН у гібрида Алєксандра. Зокрема, за урожайності 11,92 т/га вихід енергії з урожаєм становив 209792 МДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 5,90. Це є перспективним з позицій енергозбереження та доцільним для практичного впровадження у виробництво на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, мінеральні добрива, регулятори росту, мікростадії ВВСН, урожайність, енергетичні витрати, енергія акумульована урожаєм, коефіцієнт енергетичної ефективності.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вирощування високих урожаїв кукурудзи потребує значних обсягів енергії на здійснення технологічних операцій в процесі вирощування. Проте пропорційно зростанню рівнів урожайності кукурудзи стрімко зростає величина витрат енергії. Досить актуальним на сьогодні є пошук способів зниження енергоємних процесів та заміна їх менш енерговитратними. Саме тому було здійснено енергетичну оцінку застосованих заходів за факторами досліді (гібрид, регулятор росту, добрива) для більш об'єктивної оцінки ефективності їх впровадження в Лівобережному Лісостепу.

Поряд з методом оцінки економічної ефективності запроваджених елементів у технології вирощування набуває поширення енергетична оцінка, в основу якої покладено розрахунок кількості енергії затраченої на виробництво продукції та валової енергії, яка акумульована з отриманням урожаїв основної та побічної продукції [6, 9, 20, 21].

У сучасному сільськогосподарському виробництві важливе значення має врахування енергозатрат в системі технологій вирощування сільськогосподарських культур. Порівняння енергії, акумульованої в урожаї, із сукупною енергією, затраченою на вирощування і збирання врожаю, дає змогу більш об'єктивно оцінити технологію вирощування [6, 13, 14].

Ми поділяємо думку Ю.О. Тараріко та інших науковців, що енергетичний аналіз, який є концентрованим вираженням закону збереження та перетворення енергії, дозволяє зробити порівняння енерговитрат та вмісту (приходу) енергії в одержаному врожаї [18, 19].

Співвідношення валової енергії врожаю до кількості сукупної енергії, затраченої на його вирощування, прийнято називати енергетичним коефіцієнтом вирощування

культури, який характеризує біоенергетичну ефективність агросистеми вирощування [10, 13, 14, 15, 23].

На думку В.Д. Паламарчука, І.М. Дідур, О.М. Колісника, О.О. Алєксєєва, енергетична ефективність технологій забезпечує більш повну оцінку окремих елементів технології вирощування, оскільки не залежить від сезонної динаміки цін на енергоносії, добрива та вартість кінцевої продукції [12].

Проведеними дослідженнями Є.В. Крестянінов та ін. [8] встановили, що найвищі енерговитрати на 1 га посіву кукурудзи були у варіантах за застосування позакоренових підживлень посівів кукурудзи на фоні внесених мінеральних добрив та підживлення сучасними добривами Нутрімекс, Нутрібор і Мікро-Мінераліс Кукурудза по 4 і 8 листку та становили 36136–35324 МДж/га. Водночас відмічено значне зростання виходу енергії з урожаєм зерна гібридів кукурудзи у разі застосування сучасних мікродобрив. Найвищі показники у досліджуваних гібридів було отримано за комплексного застосування двох видів добрив у підживленні та дворазової обробки посівів. Вони відповідно становили 171952 та 162096 МДж/га.

Дослідження науковців С.М. Каленської та ін. [22] свідчать, що за продуктивності зерна кукурудзи 7,8 т/га у контрольному варіанті вміст енергії в урожаї становив 123715 МДж/га, а затрати привнесеної енергії дорівнювали 42517 МДж/га за коефіцієнта енергетичної ефективності 2,9 одиниць. За внесення лише мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{40}K_{65}$ за урожайності зерна 10,7 т/га енерговміст врожаю підвищувався до 161435 МДж/га, а витрати антропогенної енергії підвищувались до 51659 МДж/га за коефіцієнта енергетичної ефективності 3,1 одиниць. За комплексного застосування мінеральних добрив та органо-мінерального

мікродобрива за урожайності зерна 12,1 т/га вміст енергії в урожаї становив 166592 МДж/га за витрат антропогенної енергії 52506 МДж/га. Коефіцієнт енергетичної ефективності дорівнював як і у попередньому випадку 3,1 одиниць.

Проведеними науковими дослідженнями вчених встановлено здатність гібридів кукурудзи акумулювати різну кількість поживних речовин з одиниці площі. Тому оптимальний підбір гібридів є додатковим безоплатним елементом підвищення енергетичної ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно [2, 7, 16, 17, 22].

Мета дослідження полягала у встановленні енергетичної ефективності елементів технології вирощування кукурудзи на зерно за комплексного впливу мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння та посівів у період вегетації регуляторами росту рослин в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Польові дослідження у трифакторному досліді проводили з гібридами кукурудзи: Дніпровський 257 СВ, занесеним до Державного реєстру сортів рослин України в 2007 році, оригінатор Інститут зернових культур НААН; гібридом Александра (ФАО 340), занесеним до Державного реєстру сортів рослин України в 2012 році та гібридом Оксїжен (ФАО 350) – в 2010 році, оригінатором яких є компанія РЖТ Семенс Україна з вивчення їх продуктивності залежно від норм мінеральних добрив та за-

стосування у період вегетації регулятора росту Вітазим (схема дослідів 1).

У двофакторному досліді, відповідно до програми наукових досліджень, були проведені наукові дослідження щодо впливу передпосівної обробки насіння та посівів регуляторами росту рослин Вітазим і Вуксал на формування урожайності зерна досліджуваних гібридів (схема дослідів 2).

Дослідження проведені в 2015–2017 рр., однак мають актуальність та практичне значення і на сьогодні. Опрацювання та аналіз останніх досліджень вчених показав, що недостатньо висвітлені питання визначення реакції гібридів кукурудзи на застосування регуляторів росту рослин, встановлення ефективних норм їх внесення та мікростадій застосування за різних норм мінеральних добрив на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України, що є свідченням їх актуальності.

Регулятор росту Вітазим – це потужний біостимулятор, створений методом ферментації рослинної сировини, головним діючим компонентом його є брасиностероїди, які впливають не лише на процеси росту і розвитку рослин, а також підвищують стійкість до різних стресових чинників, зокрема до посухи, різних коливань температур та пестицидного ураження [5].

Крім макро- і мікроелементів до складу Вітазиму також входять: брасиностероїди, триаконтанол, глюкозиди та вітаміни В₁, В₂,

Схема дослідів 1 – Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від норм добрив та застосування у період вегетації комплексного препарату Вітазим з рістрегулюючим ефектом

Фактор А. Гібрид	Фактор В. Норма добрив (Ф ₁ та Ф ₂)	Фактор С. Обробка посівів регулятором росту Вітазим		
		варіант	норма, л/га	мікростадія за шкалою ВВСН
Дніпровський 257 СВ (контроль) Александра Оксїжен	*Фон 1	1-К	Без обробки – К	-
		2	0,5	15
		3	1,0	15
		4	1,5	15
		5	0,5	17
		6	1,0	17
		7	1,5	17
Дніпровський 257 СВ (контроль) Александра Оксїжен	*Фон 2	1-К	Без обробки – К	-
		2	0,5	15
		3	1,0	15
		4	1,5	15
		5	0,5	17
		6	1,0	17
		7	1,5	17

*Фон 1 – розрахункова норма на запланований урожай N₁₂₀P₉₀K₉₀ кг/га д. р.

*Фон 2 – 50 % від розрахункової норми N₆₀P₄₅K₄₅ кг/га д. р.

В₆, які належать до фізіологічно активних речовин, або різновиду стимуляторів росту. Вітазім у своєму складі містить більше 12 активних компонентів, тимчасом більшість препаратів з подібним механізмом дії – не більше 3–5 [1].

Вуксал – продукт німецької компанії Aglukon, добриво, регулятор росту рослин для обробки посівів у період вегетації рослин та окремі види Вуксалу – для передпосівної обробки насіння [3].

Досліди закладені методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності, що відповідає методиці проведення польових досліджень [4]. Облікова площа ділянки – 51 м².

Енергетичну оцінку вирощування кукурудзи проводили за методикою О.К. Медведовського та ін. [11].

Результати дослідження та обговорення. Для розрахунку енергетичної ефективності технології вирощування кукурудзи залежно від норм мінеральних добрив та регулятора росту рослин Вітазім використовували такі показники: урожайність, витрати енергії на вирощування, кількість енергії, акумульованої в урожаї, енергетичний коефіцієнт.

Як показали дослідження, витрати енергії між варіантами дослідів різнилися та залежали від запроваджених елементів у технологіях. Аналізуючи витрати енергії у розрізі гібридів, які досліджували, виявлено, що у гібрида Дніпровський 257 СВ вони становили від 31285 на контролі (Фон 1) до 34870 МДж/га; Олександра – 32014–36046; Оксисен 31650–35351 МДж/га (рис. 1).

Схема дослідів 2 – Вплив передпосівної обробки насіння та посівів регуляторами росту рослин Вітазім та Вуксал на формування продуктивності гібридів кукурудзи

Фактор А. Гібрид	Фактор В. Обробка регуляторами росту			
	Вітазім		Вуксал	
	насіння, л/т	посівів, л/га	насіння, л/т	посівів, л/га
Дніпровський 257 СВ (контроль)	Без обробки-К	Без обробки-К	Без обробки-К	Без обробки-К
	3 обробкою	15 ВВСН	3 обробкою	15 ВВСН
	3 обробкою	17 ВВСН	3 обробкою	17 ВВСН
Олександра	Без обробки-К	Без обробки-К	Без обробки-К	Без обробки-К
	3 обробкою	15 ВВСН	3 обробкою	15 ВВСН
	3 обробкою	17 ВВСН	3 обробкою	17 ВВСН
Оксисен	Без обробки-К	Без обробки-К	Без обробки-К	Без обробки-К
	3 обробкою	15 ВВСН	3 обробкою	15 ВВСН
	3 обробкою	17 ВВСН	3 обробкою	17 ВВСН

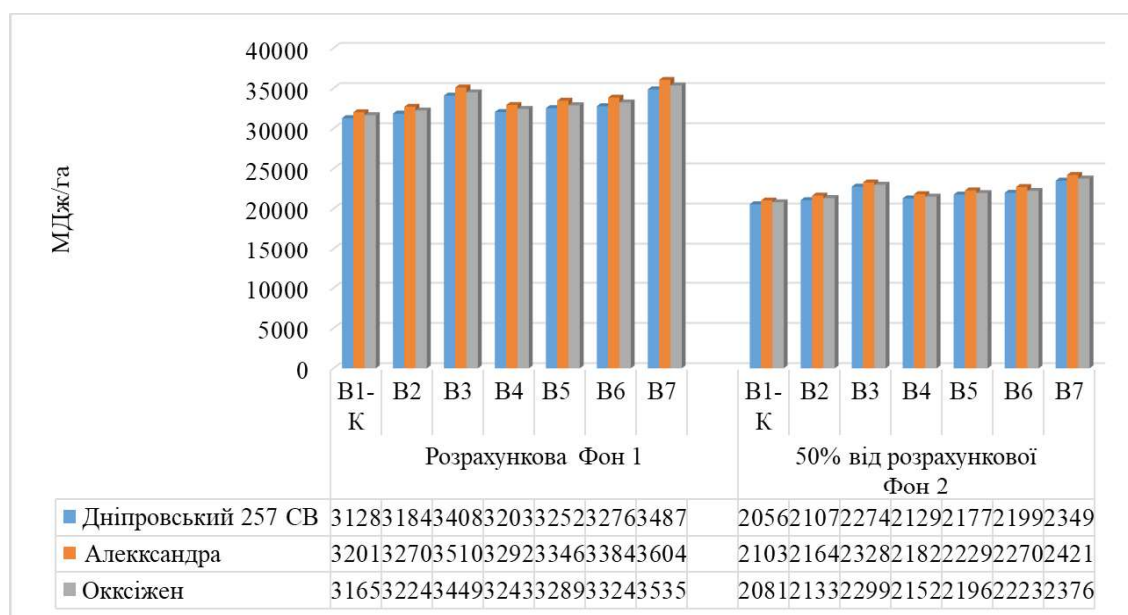


Рис. 1. Енерговитрати на вирощування гібридів кукурудзи залежно від норм мінеральних добрив та регулятора росту Вітазім, МДж/га (середнє за 2015–2017 рр.).

Така різниця у витратах енергії на вирощування пояснюється вартістю мінеральних добрив та регуляторів росту і норм їх внесення. Зростання енерговитрат за збільшення норм внесення регулятора росту до 1,5 л/га є недоцільним, адже різниця між варіантами за показником виходу енергії з урожаєм є несуттєвою, як і за показником коефіцієнта енергетичної ефективності. Відповідно до аналізу динаміки урожайності за варіантами дослідів та між гібридами в середньому за три роки досліджень, показник енергії, акумульованої з урожаєм, прямо пропорційно залежав від її рівнів.

Максимального виходу енергії з урожаєм (рис. 2) було досягнуто за вирощування гібрида Александра на розрахунковому фоні мінеральних добрив та за застосування регулятора росту Вітазим у нормі 1,0 л/га у 17-ту мікростадію ВВСН – 195536 МДж/га.

257 СВ – на 10723 та гібрида Оксжіжен – на 10835 МДж/га. Енергетична ефективність технології за половинної норми внесення мінеральних добрив підтверджена енергетичним коефіцієнтом, який змінювався та зріс до 5,49–6,17.

Одним із завдань наших досліджень було проведення енергетичної оцінки технології вирощування гібридів кукурудзи за застосування комплексної обробки насіння перед посівом та вегетуючих рослинах регуляторами росту Вітазим і Вуксал. Регулятори росту мають комплекс корисних компонентів, які стимулюють проростання насіння та забезпечують дружні і здорові сходи та розвиток рослин на початковому етапі. Обробка посівів кукурудзи забезпечує рослини необхідними макро- та мікроелементами і захищає їх від стресових чин-

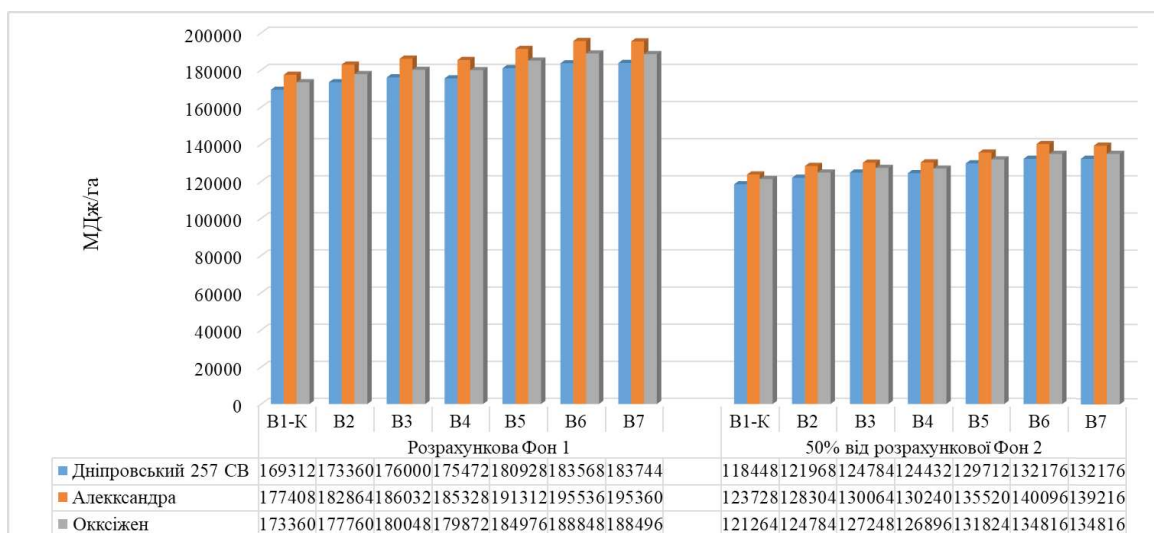


Рис. 2. Вихід енергії з урожаєм гібридів кукурудзи залежно від норм мінеральних добрив та регулятора росту Вітазим, МДж/га (середнє за 2015–2017 рр.).

Аналогічна закономірність простежувалася і за вирощування гібридів Дніпровський 257 СВ та Оксжіжен, а вихід енергії з урожаєм становив відповідно – 183744 та 188848 МДж/га. За зазначеного варіанта дослідів енергетичний коефіцієнт у гібрида Александра дорівнював 5,78; Дніпровський 257 СВ – 5,60 та Оксжіжен – 5,68.

За половинної норми мінеральних добрив урожайність гібридів зменшилася, як і показники акумульованої енергії урожаєм. Витрати енергії були меншими на вирощування гібрида Александра на 11977, Дніпровський

ніків, частота повторюваності яких зростає останніми роками.

Здійснена енергетична оцінка застосування регуляторів росту рослин Вітазим і Вуксал на посівах кукурудзи та для обробки насіння (дослід 2) показала зростання витрат енергії на вирощування гібридів кукурудзи та зміну досліджуваних показників за варіантами дослідів. Різниця в показниках обумовлена особливостями гібридів, видом регулятору росту та мікростадією розвитку рослин кукурудзи. Водночас виявлена суттєва різниця за показником енергії, акумульованої з урожаєм (табл. 1).

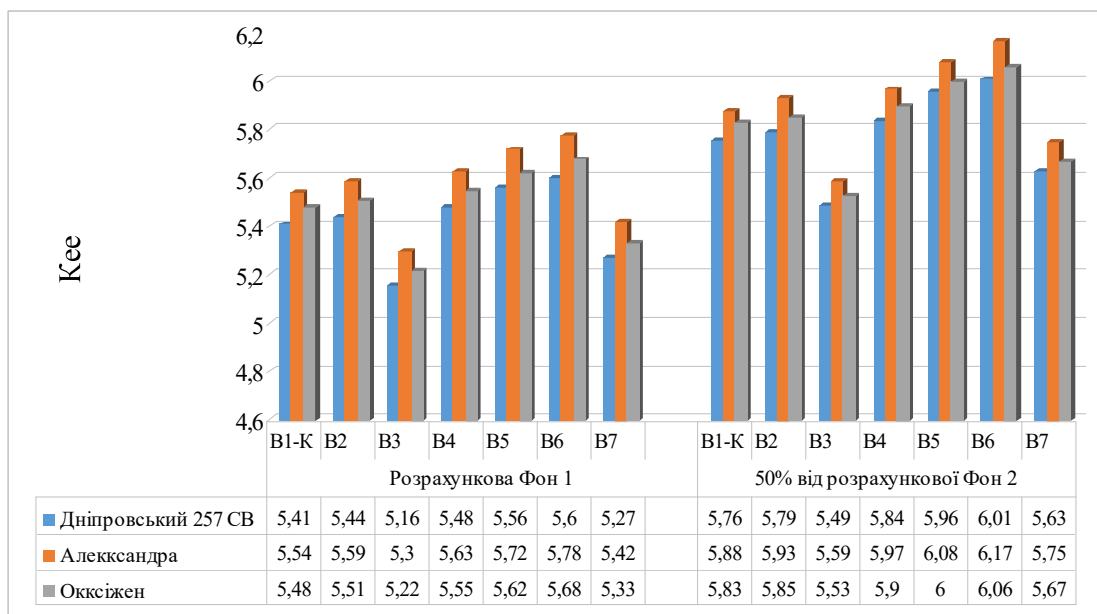


Рис. 3. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування гібридів кукурудзи залежно від норм мінеральних добрив та регулятора росту Вітазім, (середнє за 2015–2017 рр.).

Таблиця 1 – Енергетична ефективність технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від передпосівної обробки насіння та посівів регуляторами росту рослин Вітазім і Вуксал (середнє 2015–2017 рр.)

*Фактор В. Обробка регулятором росту: Н-насіння М-мікростадія		Урожайність, т/га	Витрати енергії, МДж/га	Вихід енергії з урожаєм, МДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності (Kee)
Дніпровський 257 СВ					
В1-К без обробки		9,62	31285	169312	5,41
B2	Н	10,18	32807	179168	5,46
B3	Н+15М	11,05	36394	194480	5,34
B4	Н+17М	11,28	34548	198528	5,75
B5	Н	10,21	32854	179696	5,47
B6	Н+15М	11,04	34168	194304	5,69
B7	Н+17М	11,20	36661	197120	5,38
Александра					
В1-К без обробки		10,08	32014	177408	5,54
B2	Н	10,71	33646	188496	5,60
B3	Н+15М	11,67	37499	205392	5,48
B4	Н+17М	11,92	35561	209792	5,90
B5	Н	10,82	33820	190432	5,63
B6	Н+15М	11,59	35039	203984	5,82
B7	Н+17М	11,83	37785	208208	5,51
Оксїжен					
В1-К без обробки		9,85	31650	173360	5,48
B2	Н	10,45	33234	183920	5,53
B3	Н+15М	11,39	37000	200464	5,42
B4	Н+17М	11,64	35118	204864	5,83
B5	Н	10,55	33393	185680	5,56
B6	Н+15М	11,31	34596	199056	5,75
B7	Н+17М	11,54	37268	203104	5,45

*В1-К (без обробки); В2-В4 – Вітазім; В5-В7 – Вуксал.

Зокрема, енергія акумульована урожаєм у варіанті без застосування регуляторів росту становила 169312 МДж/га у гібрида Дніпровський 257 СВ; 177408 МДж/га – у гібрида Алєксандра; 173360 МДж/га – у гібрида Оксїжен. Максимального рівня цей показник досяг за застосування Вітазиму для обробки насіння та посівів у 17-ту мікростадію – 209792 МДж/га, тимчасом регулятора росту Вуксал – 208208 МДж/га.

Зважаючи на те, що ріст урожайності, здебільшого, супроводжується зростанням енерговитрат, то розрахункові дані свідчать про більші енерговитрати порівняно з рівнем акумульованої енергії урожаєм, особливо за високих норм мінеральних добрив. Аналізуючи розрахунковий показник коефіцієнта енергетичної ефективності встановлено, що його рівень зростає із зростанням валової енергії врожаю за застосування інноваційних елементів у технологіях вирощування кукурудзи. Коефіцієнт енергетичної ефективності (К_е) варіював від 5,51 до 5,90 у гібрида Алєксандра; 5,34–5,69 – у гібрида Дніпровський 257 СВ; 5,42–5,83 – у гібрида Оксїжен.

Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. Здійснена оцінка енергетичної ефективності технології вирощування гібридів кукурудзи дозволила встановити, що застосування різних норм мінеральних добрив та регулятора росту Вітазим в оптимальних нормах внесення в середньому за 2015–2017 рр. забезпечило їх високу практичну доцільність.

2. Гібриди кукурудзи, з якими було проведено дослідження, проявили досить високу позитивну реакцію на елементи в технології та мали досить високі рівні урожайності. Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ та застосування регулятора росту рослин Вітазим у нормі 1,0 л/га у 17-ту мікростадію ВВСН забезпечує найбільше зростання урожайності залежно від гібрида: на 0,88 т/га у гібрида Дніпровський 257 СВ; 0,93 т/га – у гібрида Алєксандра та 0,88 т/га – у гібрида Оксїжен. Максимальний вихід валової енергії з урожаєм становив 195536 МДж/га та коефіцієнт енергетичної ефективності – 5,78 у гібрида Алєксандра, що характеризує біоенергетичну ефективність застосованих у технології вирощування елементів.

3. Розрахунок енергетичної ефективності застосованих елементів технології вирощування кукурудзи за передпосівної обробки насіння та посівів у період вегетації регуляторами росту Вітазим і Вуксал свідчить про зростання урожайності зерна з загальною закономірністю реакції гібридів на мікроста-

дію росту рослин та залежно від виду регулятора росту.

4. Проведені розрахунки енергетичної ефективності дозволили встановити ефективні варіанти обробки насіння та посівів залежно від виду регулятора росту. За обробки лише насіння незначну перевагу відмічено у регулятора росту Вуксал. Зокрема, урожайність зросла на 0,59 т/га у гібрида Дніпровський 257 СВ; 0,74 т/га – Алєксандра; 0,70 т/га – Оксїжен, що відповідно на 0,03; 0,11 та 0,10 т/га більше порівняно з обробкою насіння Вітазимом. Найбільш високу енергетичну ефективність отримано за проведення комплексної обробки насіння та посівів регулятором росту Вітазим у 17-ту мікростадію ВВСН у гібрида Алєксандра. Вихід енергії з урожаєм становив 209792 МДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 5,90.

5. Для сільськогосподарських підприємств з високим рівнем ресурсного забезпечення та отримання високих і сталих врожаїв зерна кукурудзи і з метою максимально можливої реалізації генетичного потенціалу продуктивності гібридів варто запроваджувати комплексне застосування розрахункових норм мінеральних добрив відповідно до запланованої урожайності на 11–12 т/га ($N_{120}P_{90}K_{90}$ кг/га д. р.) та внесення регулятора росту рослин Вітазим на посівах з нормою 1,0 л/га у 17-ту мікростадію за шкалою ВВСН. Для підприємств з середнім та низьким рівнем ресурсного забезпечення доцільним є застосування половинної від розрахункової норми мінеральних добрив ($N_{60}P_{45}K_{45}$ кг/га д. р.) у комбінації із застосуванням регулятора росту рослин Вітазим у нормі 1,0 л/га у 17-ту мікростадію росту і розвитку рослин. Рекомендованим до впровадження у виробництво гібридом є Алєксандра, який сформував найвищу урожайність за обох рівнів мінеральних добрив у поєднанні з регуляторами росту рослин, максимальний вихід валової енергії з урожаєм становив 195536 МДж/га і коефіцієнт енергетичної ефективності – 5,78 за розрахункової норми добрив та 140096 МДж/га – за 50 % норми від розрахункової і коефіцієнт енергетичної ефективності – 6,17.

Щодо перспективи подальших досліджень, то принагідно маємо зазначити, що з огляду на наукову актуальність та практичну значимість запропонованих елементів вони потребують продовження вивчення з новими високопродуктивними гібридами кукурудзи, асортимент яких зростає з кожним роком, з урахуванням норм мінеральних добрив залежно від рівня ресурсного забезпечення підприємств, що є актуальним на сьогодні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аврамчук А. Застосування біостимуляторів. Як Вітазім впливає на посіви. SuperAgronom. 2020. URL: <https://superagronom.com/articles/327-zastosuvannya-biostimulyatoriv-yak-vitazim-vplyvaye-na-posivi>

2. Артеменко С.Ф., Ковтун О.В. Економічна та біоенергетична ефективність застосування різних препаратів та регуляторів росту при вирощуванні сої в умовах північного Степу України. Зернові культури. 2019. № 1. Т. 3. С. 191–198.

3. Вуксали Теріос – відмінний стандарт для високого потенціалу. Пропозиція. 2020. URL: <https://propozitsiya.com/ua/vuksaly-terios-vidminnyy-start-dlya-vysokogo-potencialu>

4. Дослідна справа в агрономії / А.О. Рожков та ін. Харків: Майдан, 2016. 300 с.

5. Мазур С., Матусевич Г., Бухтик С. Регулятори росту рослин: стан ринку, види та особливості застосування. Пропозиція. 2024. URL: <https://propozitsiya.com/ua/regulatory-rostu-roslyn-stan-rynku-vydy-ta-osoblyvosti-zastosuvannya>

6. Камінський В.Ф., Асанішвілі Н.М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3 (107). С. 19–27.

7. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія / В.Ф. Камінський та ін. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2017. 580 с.

8. Крестянінов Є.В., Єрмакова Л.М., Антал Т.В. Формування урожаю та якості зерна кукурудзи залежно від фону та позакореневого підживлення посівів в умовах лівобережного Лісостепу. Рослинництво та ґрунтознавство. 2019. Т. 10. № 1. С. 18–26. DOI: 10.31548/agr2019.01.018

9. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. Оцінка статистичних зв'язків продуктивності різних за групами ФАО гібридів кукурудзи з теплоенергетичними показниками в умовах зрошення. Таврійський науковий вісник. 2009. Вип. 65. С. 7–18.

10. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Найдюнов В.Г. Біоенергетична оцінка технологій вирощування кукурудзи на зерно залежно від гібридного складу та режиму зрошення. Таврійський науковий вісник. 2008. Вип. 56. С. 11–20.

11. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 206 с.

12. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ТОВ «Друк», 2020. 536 с.

13. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: навч. посіб. / В.Д. Паламарчук та ін. Вінниця, 2010. 680 с.

14. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: підручник. Вінниця, 2013. 713 с.

15. Пиляк В.І., Нікіпелова О.М. Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрив на основі осадів стічних вод. Таврійський науковий вісник. 2021. № 119. С. 56–61. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.119.8

16. Енергетична оцінка агросистем / О.Ф. Смаглій та ін. Житомир: Волинь, 2004. 132 с.

17. Стоцька С. Біоенергетична оцінка технології вирощування конюшини лучної на листостеблову масу в умовах Полісся. Житомирський національний агроекологічний університет. 2010. С. 33–45.

18. Тараріко Ю.О. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ: ДІА, 2009. 16 с.

19. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Є., Глушенко Л.Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. Київ: Нора-прінт, 2001. 60 с.

20. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання / Д. Шпаар та ін. Київ: Альфа-стевія ЛТД, 2009. 396 с.

21. Egli D.B. Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m -2 in maize. European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 136. 126486. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126486

22. Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers / S. Kalenska et al. Plant and soil science. 2022. No 1. DOI: 10.31548/agr.13(1).2022.7-16

23. Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions / B. Zhou et al. The Crop Journal. 2019. Vol. 7. Issue 4. P. 527–538. DOI: 10.1016/j.cj. 2018.12.05

REFERENCES

1. Avramchuk, A. (2020). Zastosuvannya biostimulyatoriv. Yak Vitazym vplyvaie na posivy [Use of biostimulants. How Vitazym affects crops]. SuperAgronom. Available at: <https://superagronom.com/articles/327-zastosuvannya-biostimulyatoriv-yak-vitazim-vplyvaye-na-posivi>

2. Artemenko, S.F., Kovtun, O.V. (2019). Ekonomichna ta bioenerhetychna efektyvnist zastosuvannya riznykh preparativ ta rehulyatoriv rostu pry vyroshchuvanni soi v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Economic and bioenergy efficiency of the use of various drugs and growth regulators in soybean cultivation in the northern Steppe of Ukraine]. Zernovi kultury [Grain crops]. Vol. 3, no. 1, pp. 191–198.

3. Vuksaly Terios – vidminnyi standart dlia vysokoho potentsialu [Vuksal Terios is an excellent standard for high potential]. Propozycja [Proposal]. Available at: <https://propozitsiya.com/ua/vuksaly-terios-vidminnyy-start-dlya-vysokogo-potencialu>

4. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii [Research in agronomy]. Kharkiv, Maidan, 300 p.
- Mazur, S., Matushevych, H., Bukhtyk, S. (2024). Rehuliatory rostu roslyn: stan rynku, vydy ta osoblyvosti zastosuvannya [Plant growth regulators: market status, types and application features]. Propozitsiia [Proposal]. Available at: <https://propozitsiya.com/ua/regulatory-rostu-roslyn-stan-rynku-vydy-ta-osoblyvosti-zastosuvannya>
5. Kaminskyi, V.F., Asanishvili, N.M. (2020). Ekonomichna efektyvnist tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy riznoho ravnia intensyvnosti [Economic efficiency of corn growing technologies of different intensity levels]. Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria [Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region]. pp. 19–27.
6. Kaminskyi, V.F., Saiko, V.F., Dushko, M.V., Asanishvili, N.M. Sushko, M.V. (2017). Naukovi osnovy efektyvnosti vykorystannia vyrobnychkykh resursiv u riznykh modeliakh tekhnologii vyroshchuvannya zernovykh kultur [Scientific bases of efficiency of production resources use in various models of grain crops cultivation technologies]. Kyiv, Publishing House "Vinichenko", 580 p.
7. Krestianinov, Ye.V., Yermakova, L.M., Antal, T.V. (2019). Formuvannya urozhaju ta yakosti zerna kukurudzy zalezno vid fonu ta pozakoreneвого pidzhyvlennja posviv v umovah livoberezhnogo Lisostepu [Formation of yield and quality of corn grain depending on the background and foliar fertilization of crops in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe]. Roslynnnytvo ta g'runtoznavstvo [Crop production and soil science]. no. 1, Vol. 10, pp. 18–26.
8. Lavrynenko, Ju.O., Kokovihin, S.V., Pysarenko, P.V. (2009). Ocinka statystychnykh zv'jazviv produktyvnosti riznykh za grupamy FAO gibrydiv kukurudzy z teploenergetychnymy pokaznykamy v umovah zroshennja [Evaluation of statistical relationships between productivity of different FAO groups of corn hybrids and thermal energy indicators under irrigation conditions]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. Issue 65, pp. 7–18.
9. Lavrynenko, Yu.O., Kokovihin, S.V., Naidonov, V.H. (2008). Bioenerhetychna otsinka tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy na zerno zalezno vid hibrydnogo skladu ta rezhymu zroshennja [Bioenergy assessment of corn growing technology depending on hybrid composition and irrigation regime]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Tavrian Scientific Bulletin]. Issue 56, pp. 11–20.
10. Medvedovskiy, O.K., Ivanenko, P.I. (1988). Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnologii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]. Kyiv, Harvest, 206 p.
11. Palamarchuk, V.D., Didur, I.M., Kolisnyk, O.M., Aliksieiev, O.O. (2020). Aspekty suchasnoi tekhnologii vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnogo [Aspects of modern technology of growing high-starch corn in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. Vinnytsia, LLC «Druk», 536 p.
12. Palamarchuk, V.D., Klymchuk, O.V., Polishchuk, I.S., Kolisnyk, O.M., Borivskiy, A.F. (2010). Ekolohe-bioloheichni ta tekhnoloheichni pryntsyipy vyroshchuvannya polovykh kultur [Ecological, biological and technological principles of growing field crops]. Vinnytsia, 680 p.
13. Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S., Kalenska, S.M., Yermakova, L.M. (2013). Bioloheii ta ekoloheii silskohospodarskykh roslyn [Biology and ecology of agricultural plants]. Vinnytsia, 713 p.
14. Pyliak, V.I., Krutiakova, V.I., Nikipelova, O.M. (2021). Bioenergetychna efektyvnist' vyroshchuvannya kukurudzy na zerno z vykorystannjam novykh biodobryv na osnovi osadiv stichnykh vod [Bioenergetic efficiency of growing corn for grain using new biofertilizers based on sewage sludge]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Tavrian Scientific Bulletin]. no. 119, pp. 56–61. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.119.8
15. Smahlii, O.F., Malynovskiy, A.S., Kardashov, A.T., Shudrenko, I.V., Rybak, M.F. (2004). Enerhetychna otsinka ahrosystem [Energy assessment of agrosystems]. Zhytomyr, Volyn, 132 p.
16. Stotska, S. (2010). Bioenerhetychna otsinka tekhnologii vyroshchuvannya koniushyny luchnoi na lystosteblovu masu v umovakh Polissia [Bioenergy assessment of the technology of growing meadow clover for leaf mass in Polissya]. Zhytomyrskiy natsionalnyi ahroekoloheichniy universytet [Zhytomyr National Agroecological University]. Zhytomyr, pp. 33–45.
17. Tarariko, Yu.O. (2009). Systemy bioenerhetychnoho aharnoho vyrobnytstva [Systems of bioenergy agricultural production]. Kyiv, DIA, 16 p.
18. Tarariko, Yu.O., Nesmashna, O.Ye., Hlushchenko, L.D. (2001). Enerhetychna otsinka system zemlerobstva i tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur [Energy assessment of farming systems and crop cultivation technologies]. Kyiv, Nora-print, 60 p.
19. Shpar, D., Hinapp, K., Dreher, D., Zakharenko, A., Kalenska, S. (2009). Kukurudza: vyroshchuvannya, zbyrannia, konservuvannya i vykorystannia [Corn: growing, harvesting, preserving and using]. Kyiv, Alfa-stevia LTD, 396 p.
20. Egli, D.B. (2022). Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m⁻² in maize. European Journal of Agronomy. Vol. 136, 126486. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126486
21. Kalenska, S., Kashtanova, O., Kalenskiy, V., Hovenko, R., Antal, T. (2022). Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers. Plant and soil science. no. 1, pp. 1–13. DOI: 10.31548/agr.13(1).2022.7-16
22. Zhoua, B., Suna, X., Wangb, D., Dinga, Z., Lia, C., Maa, W., Zhaoa, M. (2019). Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions. The Crop Journal. Vol. 7, Issue 4, pp. 527–538. DOI: 10.1016/j.cj. 2018.12.05

Energy efficiency of using different rates of mineral fertilizers and plant growth regulators in corn growing in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine**Kalenska S., Ermakova L., Svistunov Y., Antal T.**

In world practice, along with the assessment of the economic efficiency of input elements in cultivation technologies, energy assessment is becoming increasingly widespread. This is due, on the one hand, to the global problem of reducing fossil energy resources, and on the other, to the need to save them due to their price increase. In Ukraine's agricultural sector the need for energy assessment arose when the country experienced monetary inflation in the late 1980s-early 1990s, which led to the search for energy-saving technologies for growing crops.

The essence of energy assessment is to establish the ratio of the gross energy of the crop to the amount of total energy spent on its cultivation, which is embodied in the energy coefficient. The article presents the results of the calculation of energy efficiency indicators of the elements of the technology for growing corn hybrids for grain according to the factors of experiments in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe.

According to the data provided for determining the energy efficiency of mineral fertilizer rates and plant growth regulator «Vitazym» for treating corn crops, the highest yield level (11.11 t/ha), energy

output accumulated by the crop (195536 MJ/ha), and energy efficiency coefficient (5.78) were obtained when growing the «Aleksandra» hybrid on the background of the calculated rate of mineral fertilizers and treating crops with the «Vitazym» plant growth regulator at the 17th microstage on the BBCH scale with a drug consumption rate of 1.0 l/ha.

The energy efficiency calculations made it possible to establish effective options for seed and crop treatment depending on the growth regulator type. When treating only seeds, a slight advantage was noted for the «Vuksal» growth regulator. In particular, the yield increased by 0.59 t/ha for the «Dniprovsky 257 SV» hybrid; 0.74 t/ha for «Aleksandra»; 0.70 t/ha for «Okksizhen», which is 0.03; 0.11 and 0.10 t/ha more, respectively, compared to seed treatment with «Vitazym». The highest energy efficiency was obtained when carrying out complex treatment of seeds and crops with the Vitazym growth regulator at the 17th microstage of the VVSN for the Aleksandra hybrid. In particular, with a yield of 11.92 t/ha, the energy output with the crop was 209792 MJ/ha, and the energy efficiency coefficient was 5.90. This is promising from the standpoint of energy saving and appropriate for practical implementation in production on chernozems typical of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: corn, hybrid, mineral fertilizers, growth regulators, microstages of VVSN, yield, energy costs, energy accumulated by the crop, energy efficiency coefficient.



Copyright: Каленська 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:**

Каленська С.М.
Єрмакова Л.М.
Свистунов Ю.В.
Антал Т.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3393-837x>
<https://orcid.org/0009-0001-4070-9044>
<https://orcid.org/0000-0002-5685-0237>
<https://orcid.org/0000-0002-6225-9347>

АГРОНОМІЯ

УДК 633.111.5:631.445.41/.547(292.485:477)

Винос макроелементів посівами спельти (*Triticum spelta* L.) на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України

Карпук Л.М. , Заїка Н.В. , Павліченко А.А. ,
Тітаренко О.С. , Філіпова Л.М. , Єзерковська Л.В. ,
Караульна В.М. , Єзерковський А.В. , Кулик Р.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

Карпук Л.М., Заїка Н.В., Павліченко А.А., Тітаренко О.С., Філіпова Л.М., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Єзерковський А.В., Кулик Р.М. Винос макроелементів посівами спельти (*Triticum spelta* L.) на чорноземі типовому в умовах Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 75–83.

Karpuk L., Zaika N., Pavlichenko A., Titarenko O., Filipova L., Yezerkovska L., Karaulna V., Yezerkovsky A., Kulyk R. Macroelements output by spelt (*Triticum spelta* L.) crops on typical black soil in the Forest-steppe conditions of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 75–83.

Рукопис отримано: 18.03.2025 р.

Прийнято: 02.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-75-83

У статті розглянуто особливості виносу макроелементів (азоту, фосфору, калію) посівами спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. Встановлено, що культура характеризується високою потребою в основних поживних речовинах, що зумовлює значне вилучення біогенних елементів із ґрунту та потребує оптимізації мінерального живлення для забезпечення стабільної продуктивності й підтримання родючості агроценозу. Досліджено вплив позакореневого удобрення біологічно активними препаратами, зокрема Гуматом калію ГК-17 та Agriflex Amino, на ефективність засвоєння та винесення основних макроелементів залежно від сортових особливостей.

Результати досліджень показали, що найбільший рівень винесення азоту, фосфору та калію був характерний для сорту Європа, тимчасом Аттергауер Дінкель, який є класичним генетично чистим сортом, продемонстрував нижчі показники засвоєння макроелементів. Використання Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння сприяло підвищенню винесення азоту на 2,1 кг/га, фосфору – на 1,1 кг/га, калію – на 2,6 кг/га, тимчасом повторна обробка у фазу молочної стиглості забезпечувала ще більш суттєве зростання цих показників – на 10,7; 4,1 та 9,2 кг/га відповідно. Встановлено, що додаткове застосування Agriflex Amino у фазу колосіння сприяло ще більш ефективному засвоєнню поживних елементів рослинами, що дозволило отримати максимальні показники виносу азоту (до 186,9 кг/га), фосфору (до 83,8 кг/га) та калію (до 154,2 кг/га).

Отримані результати свідчать про доцільність застосування біологічно активних речовин у системі живлення спельти, що забезпечує підвищення ефективності засвоєння макроелементів, сприяє покращенню якісних параметрів зерна та дозволяє мінімізувати негативний вплив на агроєкосистеми завдяки збереженню рівня родючості ґрунтів.

Ключові слова: спельта, чорнозем типовий, винесення макроелементів, азот, фосфор, калій, гумати, стимулятори росту, продуктивність посівів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Спельта (*Triticum spelta* L.) є перспективною зерновою культурою, яка завдяки високій екологічній пластичності й адаптивності до стресових чинників набуває поширення у традиційних та органічних системах землеробства. Однак її вирощування супроводжується інтенсивним винесенням макроелементів (азоту, фосфору, калію) з ґрунту, що може зумовлювати його поступове виснаження. Це особливо актуально для чорноземних ґрунтів Лісостепу, де високий рівень продуктивності посівів спричинює формування значного дефіциту поживних речовин.

Незважаючи на агрономічну значущість культури, система мінерального живлення спельти в регіональних умовах Лісостепу залишається недостатньо вивченою, що ускладнює ефективне управління родючістю ґрунтів та підтримання оптимального агрохімічного балансу. Відсутність науково обґрунтованих норм удобрення може негативно впливати на рівень врожайності, якість зерна та довготривалу продуктивність сільськогосподарських угідь. Тому актуальним є дослідження особливостей винесення макроелементів посівами спельти та розроблення оптимальних стратегій удобрення, спрямованих на збереження родючості ґрунтів і забезпечення сталого агровиробництва.

Пшениця спельта, як і пшениця озима, вилучає значні кількості макроелементів з ґрунту у врожаї зерна та соломи. Середні показники винесення елементів живлення такі: на 1 т (10 ц) зерна з відповідною кількістю соломи: спельта забирає з ґрунту близько 30–40 кг азоту (N), 10–14 кг фосфору (P) та 18–25 кг калію (K). За врожаю близько 4 т/га (40 ц/га): загальний винос становить орієнтовно 120–160 кг/га N, 40–56 кг/га P та 72–100 кг/га K разом із зерном і соломою [1]. За інших рівних умов, для врожайності 40 ц/га пшениці озимої/спельти в літературі наводять винесення близько 130 кг N, 50 кг P та 62 кг K на 1 га [1].

Макроелементи відіграють ключову роль у рості, розвитку та продуктивності пшениці, оскільки є основними складовими біохімічних та фізіологічних процесів рослинного організму. Вони беруть участь у синтезі нуклеїнових кислот, білків, вуглеводів та ліпідів, що є фундаментальними компонентами клітинних структур і органел. Зокрема, азот (N) входить до складу амінокислот, ферментів і хлорофілу, визначаючи інтенсивність фотосинтезу та рівень накопичення органічної речовини. Фосфор (P) відіграє критичну роль

у процесах енергетичного обміну, оскільки є складовою АТФ (аденозинтрифосфату), нуклеїнових кислот і фосфоліпідів клітинних мембран. Калій (K), зокрема, забезпечує підтримання осмотичного балансу, регулює водний режим рослини, активує ферменти, що відповідають за синтез вуглеводів та білків, а також сприяє підвищенню стійкості до біотичних і абіотичних стресів [2].

Відповідне забезпечення рослин необхідними макроелементами є критично важливим чинником, що визначає не лише рівень урожайності пшениці, а також якість отриманого зерна. Дефіцит азоту призводить до зниження інтенсивності росту, недостатнього накопичення білка в зерні та пригнічення процесів фотосинтезу. Недостатнє надходження фосфору обмежує розвиток кореневої системи, знижує енергію проростання насіння та загальну стійкість рослин до несприятливих чинників довкілля. Калійний дефіцит порушує регуляцію водного обміну, що підвищує чутливість рослин до посухи та інших стресових умов, а також негативно впливає на транспортування асимілятів, необхідних для формування зерна [3].

Отже, оптимальне мінеральне живлення є невід’ємною умовою отримання стабільних і високих урожаїв пшениці. Наявність у ґрунті макроелементів у доступних формах забезпечує безперервність фізіолого-біохімічних процесів у рослинному організмі, сприяє формуванню потужної кореневої системи, ефективному засвоєнню вологи та поживних речовин, а також підвищує стійкість до несприятливих умов довкілля. Відсутність збалансованого живлення може не лише знижувати продуктивність посівів, а також призводити до порушення агрохімічного балансу ґрунту, що у довгостроковій перспективі негативно впливає на його родючість та екологічну стійкість агроєкосистем [4–6].

Актуальність дослідження потреби рослин у макроелементах набуває дедалі більшого значення в умовах біологізації систем землеробства, що передбачає мінімізацію застосування синтетичних добрив та перехід до більш екологічно безпечних методів живлення рослин. Така тенденція обумовлена необхідністю збереження родючості ґрунтів, підвищення екологічної безпеки агропромислового виробництва та забезпечення продовольчої безпеки шляхом отримання якісної, екологічно чистої продукції.

Зростаюча популярність органічного та біологічного землеробства потребує детального вивчення природних механізмів над-

ходження макроелементів у рослини, ефективності використання поживних речовин з органічних джерел, а також впливу біологічних чинників (мікроорганізмів, мікоризних грибів, сидератів) на доступність елементів живлення у ґрунті. У традиційних системах землеробства застосування мінеральних добрив дозволяє цілеспрямовано коригувати мінеральне живлення рослин. Водночас у біологізованих системах відбувається поступове скорочення внесення синтетичних препаратів, що обумовлює необхідність пошуку альтернативних способів забезпечення рослин доступними макроелементами [7].

Особливої актуальності набуває питання використання біологічно чистих форм поживних речовин, отриманих не методом хімічного синтезу, а завдяки природним біогеохімічним процесам. У цьому контексті значну увагу приділяють застосуванню біологічних препаратів, ґрунтових мікроорганізмів, органічних добрив та інших методів біостимуляції, які сприяють поліпшенню доступності макроелементів у природному середовищі. Зокрема, азот може надходити в рослинний організм через біологічну фіксацію завдяки діяльності азотфіксуючих бактерій (*Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*), фосфор – у результаті розчинення важкорозчинних сполук фосформобілізуючими мікроорганізмами (*Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*), а калій – через механізми мікробного вивільнення з мінеральних структур ґрунту [8–9].

Крім того, інтегровані підходи до живлення рослин, що передбачають раціональне використання органічних залишків, сидератів, біодобрив та симбіотичних мікроорганізмів, є важливим напрямом розвитку сталих агротехнологій. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити посіви необхідними елементами живлення, а також сприяє збереженню біорізноманіття ґрунтової мікрофлори, покращенню його фізико-хімічних властивостей та мінімізації екологічного навантаження на агроєкосистеми [10].

Отже, в умовах трансформації аграрного сектору у бік біологізації та екологізації сільськогосподарського виробництва питання оптимізації макроелементного живлення рослин набуває особливої значущості. Дослідження природних механізмів мобілізації поживних речовин та розробка ефективних методів забезпечення рослин необхідними елементами без застосування синтетичних препаратів є ключовими аспектами формування сталих агроєкосистем та підвищення еко-

логічної безпеки сільськогосподарського виробництва [11].

Результати численних досліджень свідчать про значний винос макроелементів пшеницею озимою, що є критичним чинником для підтримання родючості ґрунтів і раціонального планування удобрення. Зокрема, встановлено, що для формування 1 тонни зерна разом із відповідною кількістю побічної продукції (соломи) пшениця озима вилучає з ґрунту 31–34 кг азоту (N), 11–14 кг фосфору (P_2O_5) та 19–22 кг калію (K_2O) [12].

Водночас, загальний господарський винос поживних речовин варіює залежно від рівня врожайності, агрохімічного складу ґрунту та умов вирощування. За середніх врожаїв (4,0–5,0 т/га) винос азоту становить 84–130 кг/га, фосфору – 32–53 кг/га, а калію – 49–85 кг/га. Важливо зазначити, що співвідношення між основними макроелементами виносу є специфічним і впливає на якість продукції та подальший баланс поживних речовин у ґрунті.

Азот є найбільш виносним елементом, адже входить до складу білків, ферментів та інших сполук, що визначають рівень продуктивності пшениці. Високий рівень споживання цього макроелемента свідчить про його ключову роль у формуванні врожаю та біомаси. Фосфор, хоча й виноситься у відносно менших кількостях, є незамінним для розвитку кореневої системи, генеративних органів та процесів енергетичного обміну. Виведення калію, яке становить майже 1,5–2 рази більше, ніж фосфору, відображає його значну роль у регуляції водного режиму, підвищенні стійкості рослин до стресових чинників та формуванні стеблово-листяної маси [13–15].

Оцінка господарського виносу поживних речовин є важливою складовою ефективного управління системою удобрення, оскільки дозволяє прогнозувати необхідну компенсацію макроелементів та уникати дефіциту або дисбалансу поживних речовин у ґрунті. Висока інтенсивність вилучення N, P та K потребує відповідного підходу до удобрення, з урахуванням коефіцієнтів засвоєння, вмісту доступних форм елементів у ґрунті, агротехнологій та погодних умов конкретного регіону вирощування [16–17].

Отже, встановлені показники виносу макроелементів пшеницею озимою є основою для розробки ефективних систем живлення, спрямованих на підтримання стабільної врожайності, поліпшення якісних характеристик зерна та запобігання виснаженню ґрунтів за інтенсивного землеробства [18–19].

Метою досліджень було визначити особливості виносу макроелементів (азоту, фосфору, калію) посівами спельти в умовах Лісостепу України на чорноземі типовому задля забезпечення збалансованого живлення рослин й стабільної врожайності культури.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2019–2022 років на дослідному полі НВЦ Білоцерківського НАУ, розташованому в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Грунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим вилугуваним середньої глибини, який характеризується недостатнім рівнем зволоження та специфічним гранулометричним складом. У структурі ґрунту частка грубого пилу варіює в межах 49,9–58,3 %, природної глини – 30,6–34,4 %, мулу – 18,7–24,2 %, а вміст піску коливається в межах 9,9–19,4 %.

За агрохімічними параметрами, чорнозем містить 3,5 % гумусу, що забезпечує середній рівень забезпеченості органічною речовиною. Вміст легкогідролізованого азоту становить 98 мг/1000 г ґрунту, фосфору – 147 мг/1000 г, калію – 128 мг/1000 г. Гідролітична кислотність досягає 17 мг-екв./1000 г ґрунту, а реакція ґрунтового розчину є близькою до нейтральної, з показником рН 6,7. Ємність катіонного поглинання характеризується високи-

ми значеннями – 270 мг-екв./1000 г ґрунту, що свідчить про достатню буферність ґрунту та його здатність утримувати поживні елементи.

Чорнозем типовий вилугуваний має середню нітрифікаційну здатність, яка становить 30 мг/1000 г сухого ґрунту. Коефіцієнт використання фосфору (P_2O_5) та калію (K_2O) із ґрунтових запасів залишається на середньому рівні – 0,07 й 1,45 % відповідно, що потребує раціонального підходу до системи удобрення.

Гумусовий горизонт чорнозему досягає 60 см, що свідчить про високий потенціал родючості. Карбонати кальцію та магнію з'являються на глибині 65 см, а серед обмінних катіонів домінує кальцій, концентрація якого становить 187 мг-екв./1000 г ґрунту.

Загалом, агрохімічні параметри ґрунтового середовища дослідної ділянки були сприятливими для росту й розвитку сільськогосподарських культур, зокрема пшениці спельти, забезпечуючи оптимальні умови для засвоєння поживних елементів та формування високої продуктивності культури.

Метеорологічні умови у період проведення досліджень (2019–2022 рр.) відрізнялися від середніх багаторічних показників, однак загалом були сприятливими для проходження вегетаційного періоду рослин.

Площа посівної ділянки 100 м², облікової – 90 м²; повторність дослідів – триразова.

Схема дослідів:

Сорт	Позакореневе удобрення	Стимулятор росту
Зоря України	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора
Європа	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора
Агтергауер Дінкель	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора
		Agriflex Amino у фазу колосіння

Обробку рослин гуматом та регуляторами росту здійснювали відповідно до рекомендацій виробником норм застосування.

У дослідженні вивчали три сорти спельти. Два з них (Зоря України, Європа) – селекції Всеукраїнського наукового інституту селекції (ВНІС), тимчасом сорт Аттергауер Дінкель походить від селекційної компанії Пробстдорфер Заатцхт Гез.м.б.Х. енд КоКГ. Він вважається класичним генетично чистим сортом спельти, який не зазнавав схрещувань із пшеницею м'якою озимою.

Дослідження проводили відповідно до методики польового дослідження та Державного сортовипробування сільськогосподарських культур [20].

Результати дослідження та обговорення. Для повноцінного аналізу ефективності використання макроелементів спельтою необхідно оцінити показники їхнього виведення залежно від впливу дослідних чинників. Це дозволить встановити закономірності за-

своєння азоту, фосфору та калію рослинами в різних умовах вирощування, враховуючи сортові особливості культури, рівень мінерального живлення, агротехнологічні прийоми та погодні умови вегетаційного періоду.

Аналіз виведення макроелементів є ключовим аспектом оптимізації системи удобрення, оскільки від балансу поживних речовин у ґрунті та ефективності їхнього використання залежить не лише рівень урожайності, а також якість зерна, загальний фітосанітарний стан агроценозу та довготривала продуктивність сільськогосподарських угідь. Визначення динаміки засвоєння та виведення основних елементів живлення спельтою дозволить розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо раціонального удобрення культури, спрямовані на підвищення ефективності використання ресурсів і збереження родючості ґрунту.

Отже, оцінимо показники виносу макроелементів посівами спельти, залежно від впливу чинників дослідження (табл. 1).

Таблиця 1 – Винос макроелементів посівами спельти, кг/га, в середньому за 2020–2022 рр.

Сорт	Позакореневе удобрення	Стимулятор росту	Азот	Фосфор	Калій
Зоря України	Контроль	Контроль	159,8	73,0	132,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	162,7	73,9	136,0
		Agriflex Amino у фазу колосіння	164,1	74,3	137,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	158,4	71,5	132,0
		Agriflex Amino у фазу колосіння	160,0	71,6	133,1
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	168,6	75,1	140,7
		Agriflex Amino у фазу колосіння	170,6	77,0	141,4
			170,6	77,0	141,4
Європа	Контроль	Контроль	169,1	75,8	139,1
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	169,2	75,6	140,4
		Agriflex Amino у фазу колосіння	169,3	77,4	141,0
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	168,1	75,3	138,8
		Agriflex Amino у фазу колосіння	160,4	72,2	134,0
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	172,7	76,4	141,9
		Agriflex Amino у фазу колосіння	186,9	83,8	154,2
			186,9	83,8	154,2
Аттергауер Дінкель	Контроль	Контроль	136,6	60,7	112,8
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	138,2	61,7	113,8
		Agriflex Amino у фазу колосіння	139,9	62,8	115,4
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	136,9	61,0	113,9
		Agriflex Amino у фазу колосіння	137,3	61,7	113,8
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	146,8	65,0	121,8
		Agriflex Amino у фазу колосіння	149,9	66,4	123,8
			149,9	66,4	123,8
H _{IP} _{0,05}			5,6	2,4	4,2

Аналіз отриманих даних свідчить, що загальне засвоєння азоту посівами спеліть становило 158,4 кг/га. Водночас спостерігалася сортова варіабельність цього показника: найбільше азоту засвоював сорт Європа – 170,8 кг/га, за ним слідував Зоря України – 163,5 кг/га, а найменший показник зафіксовано для сорту Аттергауер Дінкель – 140,8 кг/га. Вивчення закономірностей винесення азоту залежно від чинників досліду показало, що застосування Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння сприяло підвищенню винесення цього елемента на 2,1 кг/га, тимчасом повторна обробка у фазу молочної стиглості привела до значного приросту – 10,7 кг/га. Додаткове застосування стимулятора росту забезпечило ще 2,6 кг/га приросту винесеного азоту. За комплексного застосування Гумату калію ГК-17 (у фазу колосіння та молочної стиглості) у поєднанні з Agriflex Amino у фазу колосіння, показники винесення азоту для різних сортів були такими: Зоря України – 170,6 кг/га, Європа – 186,9 кг/га, Аттергауер Дінкель – 149,9 кг/га.

Дослідження засвоєння та винесення фосфору показало, що середній рівень винесення цим елементом становив 71,1 кг/га. За сортами отримано наступні результати: Зоря України – 73,8 кг/га, Європа – 76,6 кг/га, Аттергауер Дінкель – 62,8 кг/га. Застосування Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння сприяло збільшенню винесення фосфору на 1,1 кг/га, а за повторної обробки в фазу молочної стиглості – на 4,1 кг/га. Використання стимулятора росту також позитивно вплинуло на засвоєння фосфору, забезпечивши додаткове винесення 1,5 кг/га. Максимальний рівень винесення фосфору спостерігався за поєднання обробки Гуматом калію ГК-17 у фазу колосіння та молочної стиглості з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. За таких умов сорти демонстрували наступні показники: Зоря України – 77,0 кг/га, Європа – 83,8 кг/га, Аттергауер Дінкель – 66,4 кг/га.

Загальне засвоєння калію спелістю становило 131,3 кг/га, а його рівень винесення залежно від сорту розподілився таким чином: Зоря України – 136,2 кг/га, Європа – 141,3 кг/га, Аттергауер Дінкель – 116,5 кг/га. Аналіз впливу дослідних чинників показав, що застосування Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння збільшувало винесення калію на 2,6 кг/га, а повторна обробка у фазу молочної стиглості забезпечувала 9,2 кг/га додаткового винесення. Обробка стимулятором росту сприяла підвищенню цього показника ще на

2,4 кг/га. Максимальні значення винесення калію зафіксовано за комплексного використання Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння та молочної стиглості з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння: Зоря України – 141,4 кг/га, Європа – 154,2 кг/га, Аттергауер Дінкель – 123,8 кг/га.

Отримані результати свідчать, що рівень винесення макроелементів залежав як від генетичних особливостей сортів, так і технологічних прийомів вирощування. Сорт Європа демонстрував найбільшу здатність засвоювати та виносити макроелементи, тимчасом Аттергауер Дінкель, що є класичним генетично чистим сортом, характеризувався найменшим винесенням азоту, фосфору та калію. Обробка посівів Гуматом калію ГК-17, особливо у фазу молочної стиглості, а також комплексне застосування біостимуляторів Agriflex Amino, значно підвищували рівень засвоєння макроелементів. Це свідчить про доцільність використання біологічно активних препаратів для оптимізації мінерального живлення спеліть, що сприяє підвищенню врожайності та якості зерна за одночасного збереження родючості ґрунту.

Висновки. За виносом біогенних елементів, на чорноземі типовому, посіви пшениці спеліть засвоювали 158,4 кг/га азоту, 71,1 кг/га фосфору та 131,3 кг/га калію, зокрема у сорту Зоря України отримано показники в 163,5; 73,8; 136,2 кг/га, у сорту Європа – 170,8; 76,6; 141,3, а для сорту Аттергауер Дінкель – 140,8; 62,8; 116,5 кг/га відповідно.

За впливом чинників досліду на винос макроелементів встановлено, що за обробки посівів Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння загалом фіксували з врожаєм на 2,1 кг/га більше азоту, на 1,1 кг/га фосфору та на 2,6 кг/га більше калію, а за обробки посівів Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості – 10,7; 4,1; 9,2 кг/га. Також обробка посівів стимулятором росту сприяла тому, що рослини виносили на 2,6; 1,5; 2,4 кг/га більше азоту, фосфору та калію.

За кількістю виносу було визначено, що за обробки посівів Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості в поєднанні з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння у сорту Зоря України винос азоту становив 170,6 кг/га, фосфору – 77,0 кг/га, калію – 141,4 кг/га, у сорту Європа – 186,9; 83,8, 154,2 кг/га, а в сорту Аттергауер Дінкель – 149,9; 66,4; 123,8 кг/га відповідно.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Винос поживних речовин. URL: <https://surl.li/ayxcpc>
2. Dobermann A., Cassman K. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant and Soil*. 2002. Vol. 247. P. 153–175. DOI: 10.1023/A:1021197525875
3. Tyler G., Olsson T. Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming. *Plant and Soil*. 2001. Vol. 230. P. 307–321. DOI: 10.1023/A:1010314400976
4. Оптимізація живлення рослин у системі факторів ефективної родючості ґрунтів / С.А. Балюк та ін. Вісник аграрної науки. 2019. № 3. С. 12–19. DOI: 10.31073/agrovisnyk201903-02
5. Галиш Ф.С. Удобрення пшениці озимої в Західному Лісостепу. Зб. наук. праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2007. Вип. 3–4. С. 16–21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2007_3-4_5
6. Господаренко Г.М., Єщенко Н.Б. Урожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу залежно від різних видів і норм добрив та їх окупність. Зб. наук. праць Уманського національного університету садівництва. Умань: Агрономія, 2013. Вип. 82. Ч. 1. С. 8–14.
7. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3. С. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
8. Лукашук Л.Я. Інтенсифікація технології вирощування пшениці озимої – шлях до зростання ефективності зернової галузі. Інтенсифікація технологій – шлях до підвищення ефективності землеробства: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Рівне, 2012. С. 7–12. URL: http://www.isg.rv.ua/images/files/Konference_2012_12_20.pdf
9. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 208 с.
10. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.
11. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3. С. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
12. Твердохліб О.В., Голік О.В., Нінієва А.К., Богуславський Р.Л. Спельта і полба в органічному землеробстві. Посібник українського хлібороба. 2013. С. 154–155.
13. Gyuga P., Demagante A.L., Paulsen G. Photosynthesis and growth of wheat under extreme nitrogen nutrition regimes during maturation. *Journal*

of Plant Nutrition. 2002. Vol. 25. No 6. P. 1281–1290. DOI: 10.1081/PLN-120004387

14. Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.

15. Cubadda R., Marconi E. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. *Hulled Wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Castelvecchio Pascoli. Tuscany, Italy, 1995. P. 203–211.*

16. Заїка Н.В., Карпук Л.М. Особливості структури врожаю спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. Новітні агротехнології. 2023. Т. 11. № 1. 8 с. DOI: 10.47414/na.11.1.2023.285496

17. Jones J.M., Engleson J. Whole grains: Benefits and challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1 (1). P. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746

18. Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.

19. Jones J.M., Engleson J. Whole grains: Benefits and challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 1 (1). P. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746

20. Методика державного випробування сортів сільськогосподарських культур. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Київ: Арефа, 2000. Вип. 7. 152 с.

REFERENCES

1. Vynos pozhyvnykh rehovyn [Nutrient removal]. Available at: <https://surl.li/ayxcpc>
2. Dobermann, A., Cassman, K. (2002). Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant and Soil*. Vol. 247, pp. 153–175. DOI: 10.1023/A:1021197525875
3. Tyler, G., Olsson, T. (2001). Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming. *Plant and Soil*. Vol. 230, pp. 307–321. DOI: 10.1023/A:1010314400976
4. Baliuk, S.A., Nosko, B.S., Shymel, V.V. (2019). Optymizatsiia zhyvlennia roslyn u systemi faktoriv efektyvnoi rodiuchosti gruntiv [Optimization of plant nutrition in the system of effective soil fertility factors]. *Visnyk agrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*. no. 3, pp. 12–19. DOI: 10.31073/agrovisnyk201903-02
5. Halysh, F.S. (2007). Udobrennia pshenytsi ozymoi v Zakhidnomu Lisostepu [Fertilization of winter wheat in the Western Forest-Steppe zone]. *Zb. nauk. prac' Nacional'nogo naukovoogo centru «Instytut zemlerobstva NAAN» [Collected scientific works of the National Scientific Centre "Institute of Agriculture NAAS"]*. Issue 3–4, pp. 16–21. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2007_3-4_5

6. Hospodarenko, H.M., Yeshchenko, N.B. (2013). Urozhainist pshenytsi ozymoi na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu zalezho vid riznykh vydiv i norm dobryv ta yikh okupnis [Yield of winter wheat on podzolized chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe depending on fertilizer types, application rates, and their cost recovery]. Zb. nauk. prac' Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytstva [Scientific Papers of Uman National University of Horticulture. Agronomy]. Issue 82(1), pp. 8–14.
7. Hospodarenko, H.M., Chernov, O.D., Liubych, V.V. (2020). Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu y mineralnykh dobryv pshenytsiu ozymoiu na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Uptake of major nutrients from soil and mineral fertilizers by winter wheat grown on podzolized chernozem of Ukraine's Right-Bank Forest-Steppe]. Visnyk agrarnoi nauky Prychornomor'ja [Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region]. Issue 3, pp. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
8. Lukashchuk, L.Ya. (2012). Intensyfikatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi – shliakh do zrostantia efektyvnosti zernovoi haluzi [Intensification of winter wheat cultivation technologies as a path to enhancing efficiency in the grain industry]. Intensyfikatsiia tekhnolohii – shliakh do pidvyshchennia efektyvnosti zemlerobstva: materialy Vseukr. nauk.-prakt. internet-konf. [Intensification of technologies as a way to increase agricultural efficiency: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference]. Rivne, pp. 7–12. Available at: http://www.isg.rv.ua/images/files/Konference_2012_12_20.pdf
9. Zaryshniak, A.S. (2015). Optymizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv, Agrian Science, 208 p.
10. Poliovyi, V.M. (2007). Optymizatsiia system udobrennia u suchasnomu zemlerobstvi: monohrafiia [Optimization of fertilization systems in modern agriculture]. Rivne, Volyn amulets, 320 p.
11. Hospodarenko, H.M., Chernov, O.D., Liubych, V.V. (2020). Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu y mineralnykh dobryv pshenytsiu ozymoiu na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Uptake of major nutrients from soil and mineral fertilizers by winter wheat grown on podzolized chernozem of Ukraine's Right-Bank Forest-Steppe]. Visnyk agrarnoi nauky Prychornomor'ja [Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region]. Issue 3, pp. 35–44. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
12. Tverdokhlib, O.V., Holik, O.V., Ninieva, A.K., Bohuslavskiy, R.L. (2013). Spelta i polba v orhanichnomu zemlerobstvi [Spelt and emmer wheat in organic farming]. Posibnyk ukrai'n'skogo hliboroba [Handbook of Ukrainian Grain Grower]. pp. 154–155.
13. Gyuga, P., Demagante, A.L., Paulsen, G. (2002). Photosynthesis and growth of wheat under extreme nitrogen nutrition regimes during maturation. Journal of Plant Nutrition. Vol. 25(6), pp. 1281–1290. DOI: 10.1081/PLN-120004387
14. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat: A review. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. Vol. 16(2), pp. 243–256.
15. Cubadda, R., Marconi, E. (1995). Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. In: Hulled Wheats: Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Castelveccchio Pascoli. Tuscany, Italy, pp. 203–211.
16. Zaika, N.V., Karpuk, L.M. (2023). Osoblyvosti struktury vrozhaiu spelti (*Triticum spelta* L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) yield structure under the Forest-Steppe conditions of Ukraine]. Novitni agrotehnologii [Innovative Agricultural Technologies]. Vol. 11(1), 8 p. DOI: 10.47414/na.11.1.2023.285496
17. Jones, J.M., Engleson, J. (2010). Whole grains: Benefits and challenges. Annual Review of Food Science and Technology. Vol. 1(1), pp. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746
18. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat: A review. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. Vol. 16(2), pp. 243–256.
19. Jones, J.M., Engleson, J. (2010). Whole grains: Benefits and challenges. Annual Review of Food Science and Technology. Vol. 1(1), pp. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746
20. Metodyka derzhavnoho vyprobuвання sortiv silskohospodarskykh kultur [Methods of state variety trials of agricultural crops]. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslinnyctva [Methods for determining crop product quality parameters]. Kyiv, Arefa, 2000, Issue 7, 152 p.

Macroelements removal by spelt (*Triticum spelta* L.) crops on typical black soil in the Forest-steppe conditions of Ukraine

Karpuk L., Zaika N., Pavlichenko A., Titarenko O., Filipova L., Yezerkovska L., Karaulna V., Yezerkovskiy A., Kulyk R.

The article examines the features of macroelements removal (nitrogen, phosphorus, potassium) by spelt (*Triticum spelta* L.) crops in the Forest-Steppe conditions of Ukraine. It was found out that the crop is characterized by a high need for basic nutrients, which causes a significant extraction of biogenic elements from the soil and requires mineral nutrition optimization to ensure stable productivity and maintaining of agrocenosis fertility. The effect of foliar fertilization with biologically active preparations, in particular «Potassium Humate GK-17» and «Agriflex Amino» on the efficiency of absorption and excretion of basic macroelements depending on varietal characteristics was studied.

The research results showed that the highest level of nitrogen, phosphorus and potassium removal was

typical for the «Europa» variety, while «Attergauer Dinkel», which is a classic genetically pure variety, demonstrated lower rates of macronutrient absorption. The use of «Potassium Humate GK-17» in the earing phase contributed to an increase in nitrogen removal by 2.1 kg/ha, phosphorus by 1.1 kg/ha, potassium by 2.6 kg/ha, while repeated treatment in the milk ripeness phase provided an even more significant increase in these indicators – by 10.7 kg/ha, 4.1 kg/ha and 9.2 kg/ha, respectively. It was found that the additional use of «Agriflex Amino» in the earing phase contributed to even more effective absorption of nutrients by plants, which allowed to obtain maxi-

mum rates of nitrogen removal (up to 186.9 kg/ha), phosphorus (up to 83.8 kg/ha) and potassium (up to 154.2 kg/ha).

The obtained results indicate the feasibility of using biologically active substances in the spelt nutrition system, which ensures increased efficiency of macronutrient absorption, contributes to improving grain quality parameters and allows to minimize the negative impact on agroecosystems by maintaining the soil fertility level.

Key words: spelt, typical black soil, macronutrients removal, nitrogen, phosphorus, potassium, humates, growth stimulators, crop productivity.



Copyright: Карпук 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:

Карпук Л.М.

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

Заїка Н.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5294-050X>

Павліченко А.А.

<https://orcid.org/0000-0001-5576-9931>

Титаренко О.С.

<https://orcid.org/0000-0002-0631-3353>

Філіпова Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>

Єзерковська Л.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6644-120X>

Караульна В.М.

<https://orcid.org/0000-0002-9141-9880>

Єзерковський А.В.

<https://orcid.org/0009-0000-6005-6207>

Кулик Р.М.

<https://orcid.org/0000-0003-2866-9307>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.53:633

**Довговічність та оновлення офіційного зразка насіння
зі сховища довготривалого зберігання****Кирильчук А.М.** , **Гринів С.М.** , **Данюк Ю.С.** ,
Безпрозвана І.В. , **Чухлеб Л.І.** , **Кулик Т.Є.** , **Шкляр В.Д.** *Український інститут експертизи сортів рослин*

Кирильчук А.М. E-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com



Кирильчук А.М., Гринів С.М., Данюк Ю.С.,
Безпрозвана І.В., Чухлеб Л.І., Кулик Т.Є.,
Шкляр В.Д. Довговічність та оновлення
офіційного зразка насіння зі сховища дов-
готривалого зберігання. «Агробіологія»,
2025. № 1. С. 84–97.

Kyrylchuk A., Hryniv S., Daniuk Y.,
Bezprozvana I., Chukhleb L., Kulyk T.,
Shkliar V. Durability and renewal of the
official seed sample from the long-term
storage repository. «Agrobiology», 2025.
no. 1, pp. 84–97.

Рукопис отримано: 27.02.2025 р.

Прийнято: 14.03.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-84-97

У статті наведено результати досліджень посівних якостей насіння сільськогосподарських культур.

Метою дослідження було визначити енергію проростання та схожість насіння офіційних зразків, що зберігаються в сховищі довготривалого зберігання. Дослідження проводили впродовж 2024 року в лабораторії показників якості сортів рослин Українського інституту експертизи сортів рослин. У процесі досліджень використовували розрахунковий і статистичний методи, для підготовки висновків – аналізу та синтезу.

Виділено підгрупу зразків, у яких схожість у середньому становила 93–98 % – це пшениця м'яка і тверда, тритикале та кукурудза. У пшениці м'якої, ячменю, тритикале, вівса та рису зі збільшенням часу зберігання зменшувалась життєздатність насіння. У кукурудзи, після зберігання впродовж 8 та 7 років у межах року врожаю, схожість насіння становить 95–96 %. Збільшення тривалості зберігання насіння пшениці твердої та сорго двокольорового до 14 та 15 років відповідно, сприяє кращій життєздатності зерна 92–93 % та 84 % відповідно. Після зберігання насіння проса до 9 років енергія проростання та схожість становила 98–99 %, а зі збільшенням тривалості зберігання до 12 років життєздатність насіння знижувалась до 96 %. У гречки за зберігання насіння до 16 років життєздатність становила 80 %, проте зі збільшенням тривалості зберігання до 19 років вона знижувалась до 30 %. Зі збільшенням зберігання до 15 років життєздатність насіння зернобобових культур зменшується до 50–90 %. Зі збільшенням часу зберігання у соняшнику до 8 років, а у ріпаку до 15 років життєздатність насіння зменшується до 90–93 % та 96–97 % відповідно.

Для продовження зберігання в сховищі довготривалого зберігання зразки які мають схожість менше 80 % потрібно замінити. На зберігання закладають лише високоякісне, виповнене, сухе насіння. Перед закладанням офіційного зразка на довготривале зберігання доцільно визначати його початкову життєздатність.

Ключові слова: генбанк, енергія проростання, життєздатність насіння, моніторинг схожості, насінневий банк, сортове насіння, схожість насіння.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. З метою створення належного захисту селекційних досягнень у сфері рослинництва 2 грудня 1961 р. була підписана Міжнародна конвенція з охорони нових сортів рослин. Для забезпечення охорони прав на нові сорти рослин та захисту прав і законних інтересів селекціонерів був створений Міжнародний Союз з охорони нових сортів рослин (УПОВ) – міжурядова організація, яка наразі об'єднує 79 держав [1]. Згідно з рішенням XI надзвичайної Сесії Ради УПОВ від 22 квітня 1994 р. про можливість приєднання України до Конвенції з охорони нових сортів рослин у редакції 1978 р. та на виконання низки необхідних процедур, 3 листопада 1995 р. Україна стала двадцятим дев'ятим повноправним членом УПОВ [2]. Потрібно зазначити, що на країну-члена Конвенції УПОВ у редакції від 19 березня 1991 р. поширюється дія її положень, і за результатами експертної оцінки Закону України «Про охорону прав на сорти рослин» [3] його норми адаптовані до міжнародних вимог.

За використання міжнародного досвіду та національного центру генетичних ресурсів рослин України, на базі Українського інституту експертизи сортів рослин, з метою узгодження з міжнародними вимогами створено сховище довготривалого зберігання офіційних зразків насінневого матеріалу сортів, на які подані Заявки про визнання прав на сорт.

На підставі повідомлення про прийняття заявки на сорт до розгляду, заявником упродовж 20 календарних днів від дати подання заявки на сорт та сплати збору за її подання, на безоплатній основі, у необхідній кількості та якості, для цілей кваліфікаційної експертизи надається дослідний зразок сорту, а для зберігання в сховищі довготривалого зберігання – офіційний зразок. Для сортів, державна реєстрація яких здійснюється на вимогу заявника без проведення кваліфікаційної експертизи (сорти зареєстровані в державах-членах Європейського Союзу та/або в Сполучених Штатах Америки), офіційний зразок надається заявником у шестимісячний термін від дати державної реєстрації сорту [4].

Офіційний зразок для зберігання заявник надає життєздатним, не засміченим домішками, вільним від хвороб та шкідників. Перед закладанням офіційного зразка в сховище довготривалого зберігання проводять візуальний огляд насіння, перевіряють відповідність заповнення внутрішньої етикет-

ки зовнішній та оригінальній етикетці, проводять підготовчі процедури для закладання на зберігання. Крім того, перед закладанням офіційного зразка на довготривале зберігання доцільно мати інформацію про початкову якість насіння для розрахунку потенційного терміну зберігання [5].

За даними Р. Елліс та Е. Робертс, серед абіотичних чинників найбільше значення мають вологість, температура і кисень, проте генетичні і чинники перед зберіганням також відіграють певну роль [6–9].

У момент повного дозрівання насіння досягається його максимальна потенційна продуктивність, після чого вона неухильно, безперервно й незворотно знижується. Швидкість зниження потенційної продуктивності за старіння насіння значною мірою обумовлюється генетичними чинниками виду або сорту, умовами зовнішнього середовища до зберігання та під час зберігання. Це пояснюється різницею між партіями насіння та окремими насінинами в межах однієї партії. Зниження схожості це не лише важливий показник старіння насіння, а також показник майбутньої втрати ним життєздатності [10].

За оптимальних умов зберігання життєздатність насіння залишається високою впродовж тривалого часу. Відомі випадки довговічності насіння сто і більше років [11–13]. За даними Д. Харінгтон [14], кожен відсоток зниження вологості насіння подвоює довговічність насіння. Наприклад, насіння бавовнику з вологістю 8 % зберігає нормальну схожість упродовж 7 років, з вологістю 14 % і за тієї самої температури зберігання втрачає її за 4 місяці.

Крім біологічних особливостей культури на довговічність насіння суттєво впливають умови вирощування культури: регіон вирощування, мікроклімат рельєфу, ґрунтово-кліматичні умови, травмованість насіння, фаза стиглості в період збирання, місце утворення на материнській рослині або матрикальна різноякісність насіння.

На довговічність насіння, зокрема зернових колосових культур, значно впливають погодні умови під час жнив. Дощі часто провокують проростання насіння у невимолоченому колосі, і таке насіння навіть після висушування досить погано зберігається – не довше 1–2 років (залежно від ступеня проростання), тимчасом у непророслого насіння схожість практично не знижується і залишається на вихідному (початковому) рівні. Встановлено, що чим сприятливішим був рік формування та розвитку насіння, тим більшу довговічність

воно матиме. Водночас насіння, вирощене в дощові, із затяжним періодом дозрівання роки, швидко втрачає схожість і відповідно – довговічність. Зниження якості насіння пояснюється посиленням травмування, значним збільшенням негативної дії мікроорганізмів, насамперед, пліснявих грибів [15].

Встановлено, що найкраще зберігається насіння пшениці озимої, вирощене в умовах, які сприяють формуванню високих урожайних властивостей. Зокрема, формуванню насіння кращої якості сприяють помірна температура та відносна вологість повітря, особливо у ранній період (молочна стиглість), та достатня кількість атмосферних опадів. Висока температура повітря (+25 °C і вище) в період від колосіння до воскової стиглості пшениці озимої, негативно вплинула на посівні якості насіння і масу 10-добових паростків [16].

Насіння, вирощене на півночі, менш довговічне, і швидше втрачає схожість, ніж насіння, вирощене на півдні. Зокрема, насіння пшениці озимої вирощене в зоні Лісостепу, де сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, зберігає господарську довговічність в 1,5 рази довше, ніж зерно пшениці, вирощеної на Поліссі, де ґрунти менш родючі, а в період формування та збирання насіння випадає більше атмосферних опадів за нижчої температури.

Залежно від місця формування на рослині вищу довговічність має насіння, яке закладається першим, це, здебільшого, середня частина колосу в колосових, верхня частина волоті, нижні боби або стручки. Насіння, що утворилося на головному стеблі, за посівними властивостями значно переважає насіння, отримане зі стебел або гілок другого і наступних порядків.

У другій половині двадцятого століття збереження генетичних ресурсів рослин набуло все більшого значення, як і дослідження того, як подовжити довговічність насіння [17].

Оцінка Продовольчої та сільськогосподарської організації Об'єднаних Націй (ФАО) [18] показала, що існує понад 1750 генбанків (насінневих банків), які містять загалом 7,4 мільйона зразків. Стандарт генбанку [19] передбачає, що регенерацію слід проводити до того, як життєздатність знизиться нижче 85 % від початкового значення (або коли кількість насіння, що залишиться, буде меншою за ту, що необхідна для трьох посівів репрезентативної популяції зразка). Для моніторингу ситуації проводяться регулярні тести на схожість, однак ця робота забирає багато часу і витрачає насіння. Також ботанічні сади розглядають збереження рослинного різно-

маніття як одне зі своїх головних завдань, на додаток до збереження *in situ* на заповідних територіях або в національних парках. Для цих установ обговорювалося питання зберігання насіння в умовах генбанку, оскільки було незрозуміло, що насіння диких видів зберігається так само довго, як і насіння культурних видів у стандартних умовах генбанку. Процедури зберігання генбанків були стандартизовані [19], і включають процедури сушіння та пакування.

Сховище сортового насіння – це приміщення з регульованим режимом температури та вологості повітря, оснащене спеціальним обладнанням, що забезпечує довготривале зберігання офіційних зразків сортів і слугує базою, яка забезпечує доступність зразків для використання в сортовипробувальних селекційних, наукових, освітніх та інших програмах, і є основою для вирішення основних питань інтелектуальної власності в рослинництві. Кваліфікаційна експертиза сортів рослин передбачає наявність сортових колекцій спеціального призначення. Тому визначення енергії проростання та схожості насіння офіційних зразків, що зберігаються в сховищі довготривалого зберігання є актуальним для отримання інформації про придатність насіння для сіви та одержання результатів щодо необхідності оновлення.

Мета досліджень – визначити енергію проростання та схожість насіння офіційних зразків, що зберігаються в сховищі довготривалого зберігання, для оновлення.

Матеріал і методи дослідження. Досліджено 170 сортів сільськогосподарських культур, зокрема зернові – 95 (пшениця м'яка – 10, пшениця тверда – 6, ячмінь – 20, тритикале – 7, овес – 9, кукурудза – 23, рис – 7, сорго двокольорове – 13), круп'яні – 16 (гречка – 10, просо – 6), зернобобові – 33 (горох – 9, квасоля – 7, нут – 5, сочевиця – 3, соя – 7, чина – 2) та олійні – 26 (соняшник – 15, ріпак – 11), внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Насіння отримане від замовника висушують в камері попередньої підготовки до необхідної вологості з метою закладки офіційного зразка на довготривале зберігання. Підготовлений офіційний зразок залежно від кількості насіння (для тривалого зберігання), поділяють на: менше 0,5 кг – 1 порція; 0,5–0,9 кг – 4 порції; 1 кг і більше – 5 порцій, які за допомогою вакуумно-пакувальної машини пакують в герметичні фольгові алюмінієві пакети. Під час пакування офіційний зразок супроводжується етикеткою офіційного та дослідного

зразка сорту за формою згідно з додатком 5 до Порядку, одну етикетку вкладають усередину, другу – наклеюють зовні [4].

Процедуру пакування проводять повністю по одному офіційному зразку для попередження можливого змішування насіння одного сорту з іншим.

На зберігання насіння закладали з вологістю яка не перевищувала критичну межу, тобто нижче стандартної на 4–6 % і більше. Критичний поріг вологості для основних сільськогосподарських культур такий: для пшениці, жита, ячменю – 14–15 %; кукурудзи – 13–14 %; проса – 12–13 %; соняшнику – 7–9 %; бавовнику – 12,0; сої – 12,5 %; льону, ріпаку – 8,5 %; рідини – 7,5 % [20].

Офіційні зразки залежно від етапу проходження експертизи зберігаються в морозильних камерах довгострокового зберігання (температурний режим від -8 до -10 °С) та середньострокового зберігання (температурний режим від -4 до -5 °С).

Лабораторні дослідження здійснювали відповідно до ДСТУ 4138–2002 [21] впродовж 2024 року. Технічні умови визначення схожості насіння зернових, зернобобових та деяких інших польових культур наведено у таблиці 1.

Для пророщування використовували ростильні та чашки Петрі. Перед пророщуванням весь посуд дезінфікували спиртом.

Як ложе використовували фільтрувальний папір (Ф). Для зволоження його занурювали у воду, а потім давали стекти її надлишку; насіння розкладали на двох шарах паперу (нФ), між папером (рис. 1–2) або папір скручували в рулон (вФ) (рис. 3–4).

Для визначення схожості із проб чистого насіння основної культури відбирали чотири проби по 100 насінин, а кукурудзи, квасолі – по 50 насінин у кожній. Насіння висівали вручну.

Насіння більшості зернових і зернобобових культур пророщували в термостаті за постійної температури 20 °С, а більш теплолюбних (кукурудза, сорго, просо, соя, соняшник) – за постійної температури 25 °С; за змінної температури: 6 годин доби – 30 °С, 18 годин доби – 20 °С.

Енергію проростання визначали в одному аналізі зі схожістю, але підрахунок нормально пророслих зерен проводили раніше (3–5 доба), а схожість – 7–14 доба, і виражали у відсотках нормально пророслих зерен у пробі, взятій для аналізу.

За обліку схожості підраховували всі пророслі й непророслі насінини, розподіляючи їх на групи: нормально пророслі, ненормально пророслі, набряклі й загнилі. До нормально пророслих насінин відносили ті, у яких корінці, підсім'ядольне або надсім'ядольне коліна та паросток добре розвинуті, без дефектів, пошкоджень та загнивання.

Таблиця 1 – Технічні умови для визначення схожості насіння за ДСТУ 4138–2002

Культура	Ложе для пророщування насіння	Температура пророщування, °С	Строк визначення, діб	
			енергії проростання	схожості
Пшениця м'яка та тверда	вП, нП, вФ, нФ	20	4	8
Ячмінь	вП, вФ, нП	20	4	7
Тритикале	вП, вФ, нП, нФ	20	4	8
Овес	вП, вФ, нП	20	5	10
Кукурудза	вП, вФ, нП	20; 25; 20–30	4	7
Рис	вП, нП, вФ, нФ	20–30; 28	4	7
Сорго	вФ, нФ, нП	25; 20–30	4	10
Гречка	вФ, нФ	20; 25; 20–30	4	7
Просо	вФ, нФ	25; 20–30	3	7
Горох	вП, вФ, нП	20	5	8
Квасоля	вП, вФ, нП	20; 25; 20–30	5	9
Нут	нП, вП, вФ	20; 20–30	5	8
Сочевиця	вП, вФ, нП	20	5	10
Соя	нП, вФ	25; 20–30	5	8
Чина	нП, вФ, вП	20	5	14
Соняшник	вП, вФ, нП	20; 25; 20–30	4	10
Ріпак	нФ	20; 20–30	5	7

Примітка. нП – на піску; вП – в піску; нФ – на фільтрувальному папері; вФ – між шарами фільтрувального паперу або в рулонах.



Рис.1–2. Зразки пшениці та сочевиці висіяні між папером (вФ).



Рис. 3–4. Зразки кукурудзи та соняшнику висіяні в рулонах (вФ).

У культур, насіння яких проростає кількома зародковими корінцями (зернові колосові), до нормально пророслих насінин відносили ті, що мають не менше двох нормально розвинутих корінців, більших за довжину зерна, й паросток розміром не менше половини його довжини. У ячменю і вівса довжину паростка (кільчика) визначали за тією його частиною, що вийшла за межі квіткових лусок.

У культур, які проростають одним корінцем (горох, кукурудза, просо тощо) до нормально пророслих відносили насінини, що мали розвинутий головний зародковий корінець розміром більшим за довжину зерна

й сформований паросток. У нормально пророслих насінин соняшнику сім'ядолі мають легко звільнятися від плодової й насінневої оболонок.

Схожість насіння визначали як середнє арифметичне з чотирьох повторень, а їхні допустимі відхилення наведені в таблиці 2.

Якщо одне з повторень відхилялося більше допустимого (рис. 5–7), схожість обчислювали за трьома близькими повтореннями; енергію проростання – за тими ж повтореннями. У випадках, коли результати двох повторень виходять за межі допустимих відхилень, аналіз повторювали.

Таблиця 2 – Допустимі відхилення повторень від середнього арифметичного значення за визначання схожості, %

Середнє арифметичне значення схожості, %			Допустиме відхилення повторень (%) від середнього
99	або	1	-2
97–98	«	2–3	±3
95–96	«	4–5	±4
92–94	«	6–8	±5
88–91	«	9–12	±6
83–87	«	13–17	±7
75–82	«	18–25	±8
62–74	«	26–38	±9
		39–61	±10

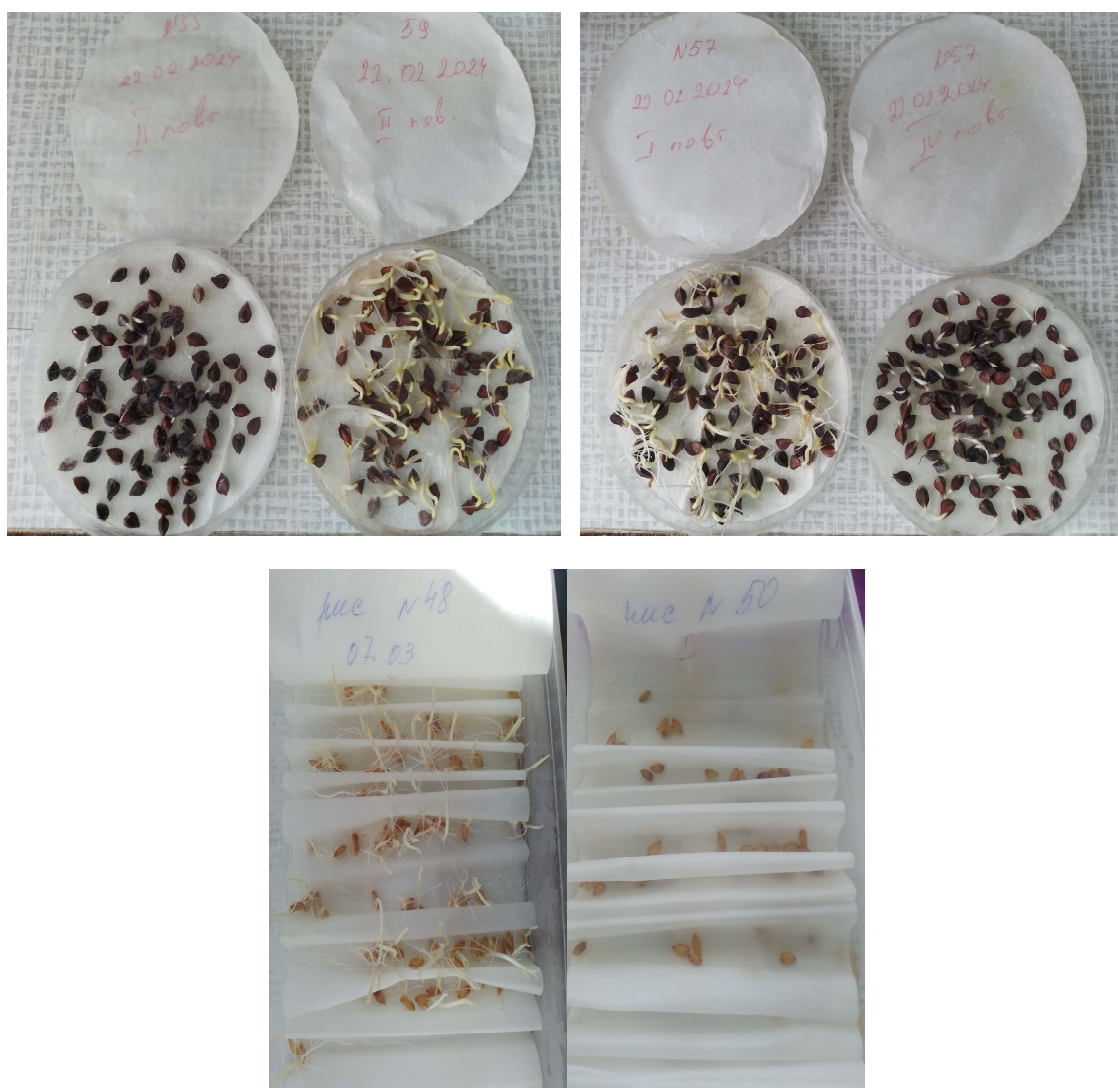


Рис. 5–7. Відхилення від допустимого у зразків гречки та рису.

Згідно з Порядком забезпечення офіційними та дослідними зразками посадкового матеріалу сорту від 12.10.2023 р. № 1785/40841, моніторинг схожості насіннєвого матеріалу проводять не частіше 1 разу на 5 років у межах 5 % від кількості офіційних зразків певного ботанічного таксону та певного року врожаю. Отримані результати щодо схожості менше 80 % є підставою для оновлення офіційних зразків у межах ботанічного таксону та року врожаю. Моніторинг схожості насіння батьківських компонентів проводять не частіше 1 разу на 10 років у межах 5 % від кількості офіційних зразків певного ботанічного таксону та певного року врожаю. Отримані результати щодо схожості менше 50 % є підставою для оновлення офіційних зразків батьківських компонентів у межах ботанічного таксону та року врожаю [4].

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що в групі зернових культур (пшениця м'яка, тверда, ячмінь, тритикале, овес, кукурудза, рис, сорго двокольорове) схожість насіння офіційних зразків варіювала від 1 до 99 % і в середньому становила 51–98 %. Проте, з основної групи зернових культур

виділено пігрупу зразків, у яких схожість варіювала від 72 до 99 % і в середньому становила 93–98 % – це пшениця м'яка і тверда, тритикале та кукурудза. За середнім квадратичним відхиленням (σ) та коефіцієнтом варіації (V), за якими визначають характеристику варіаційного ряду та оцінку однорідності й однотиповості групи, зразки пшениці м'якої ($\sigma=2$; $V=2$), пшениці твердої ($\sigma=6$; $V=7$), тритикале ($\sigma=6$; $V=6$) та кукурудзи ($\sigma=7$; $V=7$) мали невелике коливання результатів ($\sigma=2-7$; $V=2-7$), отже групу можна вважати однорідною й однотиповою за своїм складом, вона може й далі зберігатись у сховищі довготривалого зберігання (табл. 3).

За середнім квадратичним відхиленням (σ) та коефіцієнтом варіації (V), решти зразків цієї групи, ячмінь ($\sigma=23$; $V=25$), сорго двокольорове ($\sigma=23$; $V=29$), овес ($\sigma=38$; $V=49$) та рис ($\sigma=46$; $V=90$) – виявлено велике коливання і така група є неоднорідною і неоднотиповою, у ній потрібно замінити зразки у межах ботанічного таксону, які мають схожість менше 80 % для продовження зберігання в сховищі довготривалого зберігання.

Таблиця 3 – Схожість насіння офіційних зразків сільськогосподарських культур, що зберігаються в сховищі довготривалого зберігання, %

Культура	К-сть сортів	Зберігання, роки	min	max	середнє	σ	V%	НІР ₀₅
Зернові								
Пшениця м'яка	10	7–19	91	99	98	2	2	2
Пшениця тверда	6	7–14	85	99	93	6	7	7
Ячмінь	20	7–14	2	99	90	23	25	15
Тритикале	7	7–15	82	99	95	6	6	7
Овес	9	7–14	4	99	78	38	49	37
Кукурудза	23	7–8	72	99	96	7	7	4
Рис	7	7–11	1	87	51	46	90	60
Сорго двокольорове	13	7–15	11	99	78	23	29	18
Круп'яні								
Гречка	10	7–19	11	82	58	23	40	21
Просо	6	9–12	0	99	80	39	49	47
Зернобобові								
Горох	9	7–15	24	99	88	25	28	24
Квасоля	7	7–13	2	99	6	42	62	46
Нут	5	8–12	47	74	62	10	16	13
Сочевиця	3	7–12	68	99	86	16	19	27
Соя	7	7–8	2	95	67	41	60	48
Чина	2	9–10	78	95	87	12	14	25
Олійні								
Соняшник	15	7–8	86	99	95	5	5	4
Ріпак	11	7–15	73	99	94	9	9	8
Всього	170							

У групі круп'яних культур (гречка, просо) схожість насіння офіційних зразків варіювала від 0 до 99 % і в середньому становила 58–80 %. За середнім квадратичним відхиленням (σ) та коефіцієнтом варіації (V), зразків цієї групи, гречка ($\sigma=23$; $V=40$) та просо ($\sigma=39$; $V=49$) – виявлено велике коливання і така група є неоднорідною і неоднотиповою, у ній потрібно замінити зразки у межах ботанічного таксону, які мають схожість менше 80 % для продовження зберігання в сховищі довготривалого зберігання.

У групі зернобобових культур (горох, квасоля, нут, сочевиця, соя, чина) схожість насіння офіційних зразків варіювала від 2 до 99 % і в середньому становила 6–88 %. З основної групи зернобобових культур виділено пігрупу зразків у яких схожість варіювала від 47 до 99 % і в середньому становила 62–87 % – це нут, чина та сочевиця. За середнім квадратичним відхиленням (σ) та коефіцієнтом варіації (V), зразки нуту ($\sigma=10$; $V=16$), чини ($\sigma=12$; $V=14$) та сочевиці ($\sigma=16$; $V=19$) мали середнє коливання результатів ($\sigma=10$ –16; $V=14$ –19), отже групу не можна вважати однорідною й однотиповою за своїм складом, потрібно переглянути її склад для подальшого зберігання в сховищі довготривалого зберігання.

У решти зразків цієї групи, горох ($\sigma=25$; $V=28$), соя ($\sigma=41$; $V=60$) та квасоля ($\sigma=42$; $V=62$) виявлено велике коливання і така група є неоднорідною і неоднотиповою, у ній потрібно замінити зразки у межах ботанічного таксону, які мають схожість менше 80 % для продовження зберігання в сховищі довготривалого зберігання.

У групі олійних культур (соняшник, ріпак) схожість насіння офіційних зразків варіювала від 73 до 99 % і в середньому становила 94–95 %. За середнім квадратичним відхиленням (σ) та коефіцієнтом варіації (V), зразки соняшнику ($\sigma=5$; $V=5$) та ріпаку ($\sigma=9$; $V=9$), мали невелике коливання результатів ($\sigma=5$ –9; $V=5$ –9), отже групу можна вважати однорідною й однотиповою за своїм складом, вона може й далі зберігатись у сховищі довготривалого зберігання.

У багатьох практичних випадках важливим є питання про те, наскільки великі відхилення випадкової величини (BB) від її математичного сподівання (BBX). Тому для оцінки розсіювання значень випадкової величини в колі її математичного сподівання вводиться числова характеристика – дисперсія ($D(X)$).

Застосовуючи метод дисперсійно-кореляційного аналізу для визначення дисперсії та розсіювання випадкової величини відносно

середнього значення розподілу виявлено, що ступінь впливу тривалості зберігання насіння офіційних зразків зернових культур у сховищі довготривалого зберігання за коефіцієнтом дисперсії вказує на наближення значень до трендової у пшениці м'якої ($D(X)=1,08$ –1,15), рису ($D(X)=1,26$), сорго ($D(X)=1,29$), пшениці твердої ($D(X)=1,77$ –1,82), та віддалення значень від трендової у вівса ($D(X)=3,12$ –3,37), тритикале ($D(X)=3,40$ –3,43), ячменю ($D(X)=5,26$ –5,72) та кукурудзи ($D(X)=5,82$ –5,93) (рис. 8–15). Розглядаючи змінні, які корелюють у лінійній залежності виявлено по одному викиду у ячменю та сорго та по два у вівса і рису, які чинять достатній вплив, щоб знизити коефіцієнт кореляції з 1 до 0,25–0,40 та з 1 до -0,44– -0,61 відповідно.

Виявлено, що тривалість зберігання насіння обернено корелює з енергією проростання та схожістю майже у всій групі зернових культур, пшениця м'яка ($r=-0,19$ – -0,72), ячмінь ($r=-0,40$ – -0,35), тритикале ($r=-0,64$ – -0,65), овес ($r=-0,62$ – -0,61), рис ($r=-0,46$ – -0,44), тобто зі збільшенням часу зберігання зменшується життєздатність насіння. Проте, на насіння кукурудзи ($r=0,04$ – -0,02) зберігання в сховищі впродовж 7–8 років істотно не вплинуло та становило 95–96 %. У таких культур як пшениця тверда ($r=0,21$) та сорго двокольорове ($r=0,25$), навпаки, збільшення тривалості зберігання насіння до 14 та 15 років відповідно, сприяло кращій життєздатності зерна 92–93 % і 84 % відповідно.

Ступінь впливу тривалості зберігання насіння офіційних зразків круп'яних культур у сховищі довготривалого зберігання за коефіцієнтом дисперсії вказує на наближення значень до трендової у проса ($D(X)=1,25$ –1,27) та гречки ($D(X)=2,08$ –2,76) (рис. 16–17). Розглядаючи змінні, які корелюють у лінійній залежності виявлено один викид у проса та два у гречки, які чинять достатній вплив, щоб знизити коефіцієнт кореляції з 1 до 0,50 та з 1 до 0,19–0,06 відповідно.

У групі круп'яних культур тривалість зберігання насіння обернено корелює з енергією проростання та схожістю у проса ($r=-0,50$), проте позитивно корелює у гречки ($r=0,19$ –0,06). Тобто після зберігання насіння проса до 9 років енергія проростання та схожість залишається на рівні 98–99 %, а зі збільшенням тривалості зберігання до 12 років життєздатність насіння знижується до 96 %. У гречки зберігаючи насіння до 16 років життєздатність залишається на рівні 80 %, проте зі збільшенням тривалості зберігання до 19 років вона знижується до 30 %.

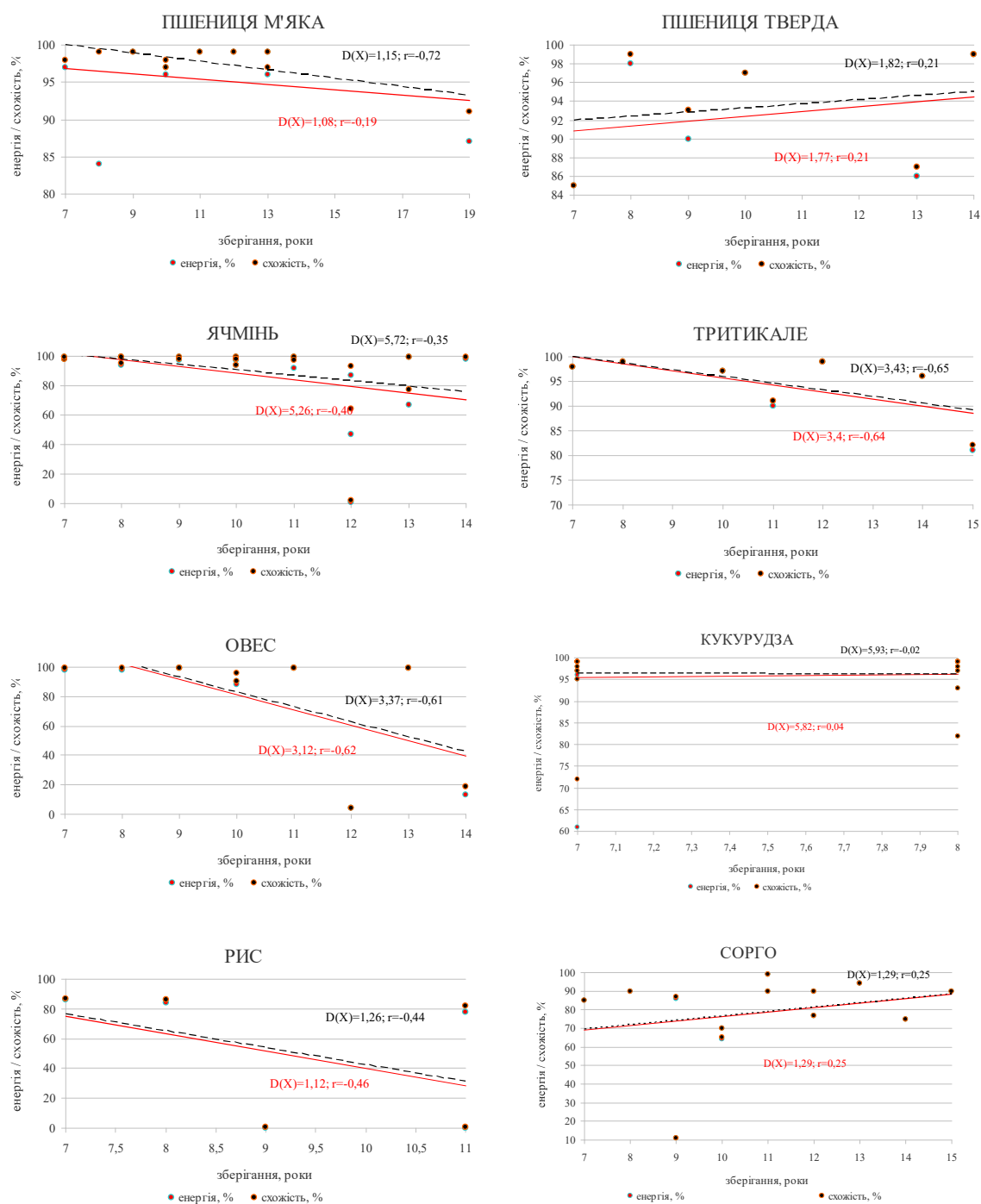


Рис. 8–15. Діаграми розсіювання значень $D(X)$ відносно середнього значення розподілу енергії проростання та схожості насіння офіційних зразків зернових культур зі сховища довготривалого зберігання.

Ступінь впливу тривалості зберігання насіння офіційних зразків зернобобових культур у сховищі довготривалого зберігання за коефіцієнтом дисперсії вказує на наближення значень до трендової у соєвиці ($D(X)=1,19$ – $1,28$) і нуту ($D(X)=9,37$ – $2,89$), та віддалення значень від трендової у сої ($D(X)=3,21$ – $3,53$), чини

($D(X)=4,67$), гороху ($D(X)=4,54$ – $5,67$) і квасолі ($D(X)=9,45$ – $9,57$) (рис. 18–23). Розглядаючи змінні, які корелюють у лінійній залежності виявлено по одному викиду у гороху і нуту, та по два у квасолі і сої, які чинять достатній вплив, щоб знизити коефіцієнт кореляції з 1 до $-0,50$ – $-0,44$ та з 1 до $-0,41$ – $-0,70$ відповідно.

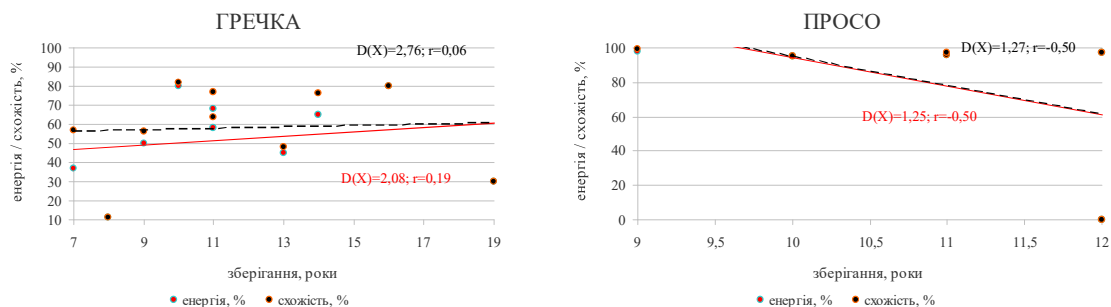


Рис. 16–17. Діаграми розсіювання значень ($D(X)$) відносно середнього значення розподілу енергії проростання та схожості насіння офіційних зразків круп'яних культур зі сховища довготривалого зберігання.

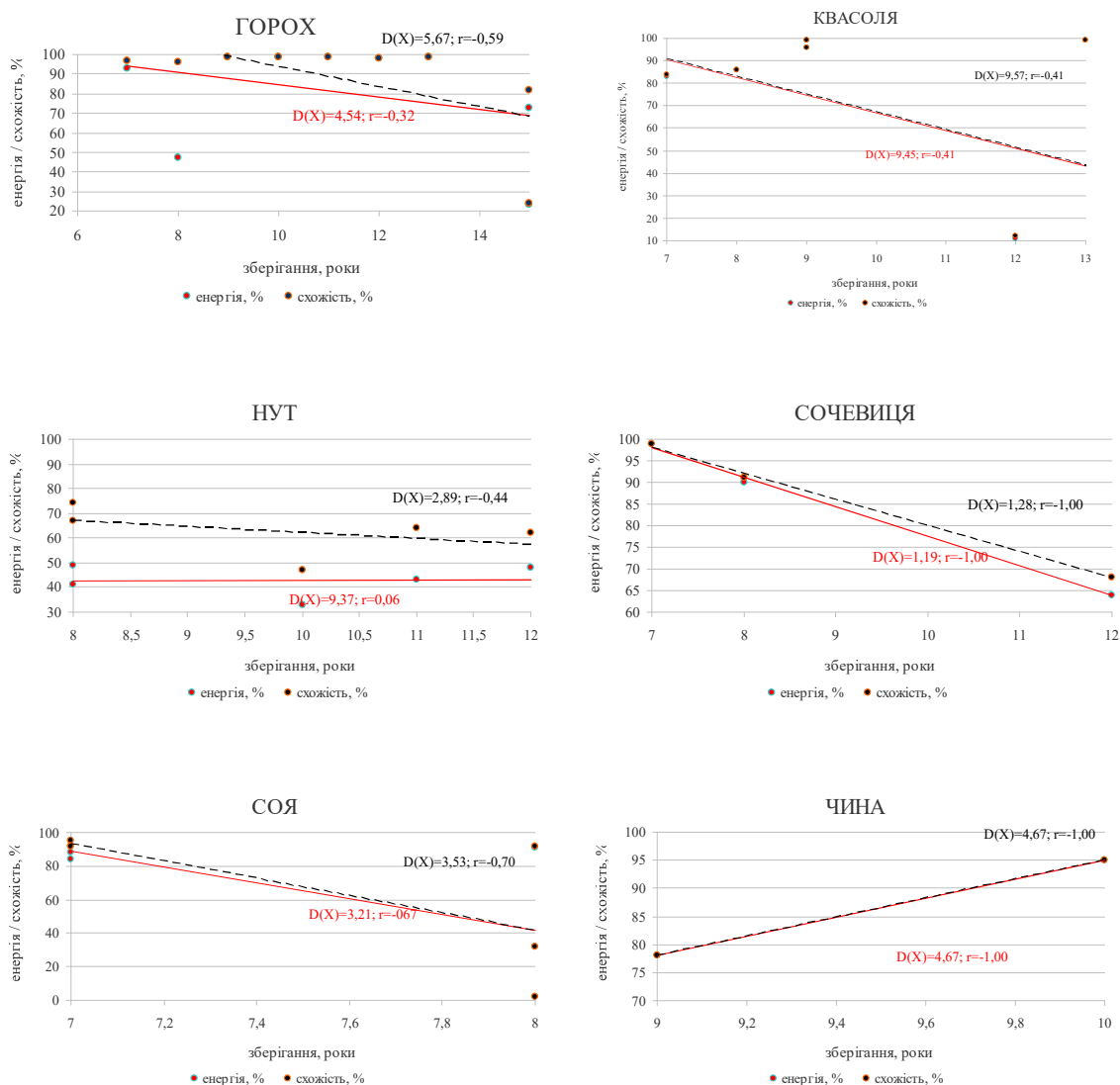


Рис. 18–23. Діаграми розсіювання значень ($D(X)$) відносно середнього значення розподілу енергії проростання та схожості насіння офіційних зразків зернобобових культур зі сховища довготривалого зберігання.

У групі зернобобових культур тривалість зберігання насіння обернено корелює з енергією проростання та схожістю у всій групі, горох ($r=-0,32$ – $-0,59$), квасоля ($r=-0,41$), нут ($r=0,06$ – $-0,44$), сочевиця ($r=-1,00$), соя ($r=-0,67$ – $-0,70$) та чина ($r=-1,00$), тобто зі збільшенням часу зберігання до 15 років життєздатність насіння зменшується до 50–90 %.

рового до 14 та 15 років відповідно, сприяє кращій життєздатності зерна 92–93 % та 84 % відповідно.

Після зберігання насіння проса до 9 років енергія проростання та схожість становить 98–99 %, а зі збільшенням тривалості зберігання до 12 років життєздатність насіння знижується до 96 %. У гречки зберігаючи

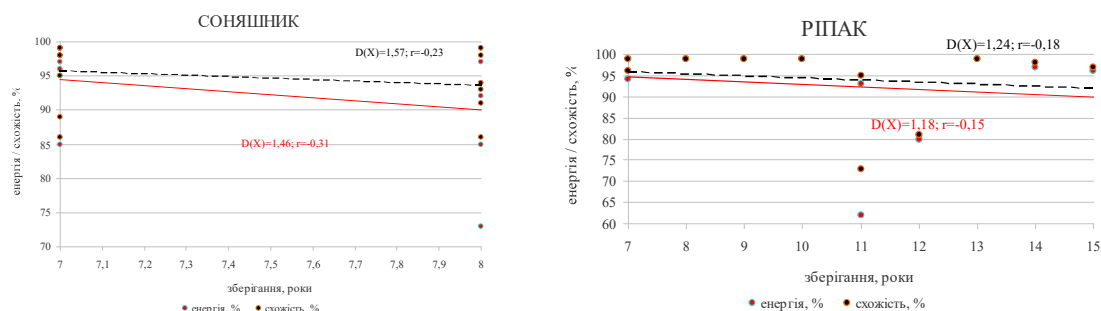


Рис. 24–25. Діаграми розсіювання значень $D(X)$ відносно середнього значення розподілу енергії проростання та схожості насіння офіційних зразків олійних культур зі сховища довготривалого зберігання.

Ступінь впливу тривалості зберігання насіння офіційних зразків олійних культур у сховищі довготривалого зберігання за коефіцієнтом дисперсії вказує на наближення значень до трендової, $D(X)=1,46$ – $1,57$ соняшник та $D(X)=1,18$ – $1,24$ ріпак, тобто послаблення залежності від збільшення тривалості зберігання та вплив інших чинників (рис. 24–25). Розглядаючи змінні, які корелюють у лінійній залежності суттєвих викидів, які чинять достатній вплив щоб знизити коефіцієнт кореляції не виявлено, коефіцієнт кореляції знизився слабко з 1 до $-0,23$.

Тривалість зберігання насіння у групі олійних культур обернено корелює з енергією проростання та схожістю у всій групі, соняшник ($r=-0,31$ – $-0,23$), ріпак ($r=-0,15$ – $-0,18$), тобто зі збільшенням часу зберігання у соняшнику до 8 років, а у ріпаку до 15 років життєздатність насіння зменшується до 90–93 % та 96–97 % відповідно.

Висновки. За результатами дослідження виявлено, у зернових культур, а саме пшениця м'яка, ячмінь, тритикале, овес, рис зі збільшенням часу зберігання зменшується життєздатність насіння. Зберігання насіння кукурудзи впродовж 8 та 7 років у межах року врожаю схожість насіння становить 95–96 %. Збільшення тривалості зберігання насіння пшениці твердої та сорго двоколько-

насіння до 16 років життєздатність становить 80 %, проте зі збільшенням тривалості зберігання до 19 років вона знижується до 30 %.

Зі збільшенням часу зберігання до 15 років життєздатність насіння зернобобових культур зменшується до 50–90 %.

Зі збільшенням часу зберігання у соняшнику до 8 років, а у ріпаку до 15 років життєздатність насіння зменшується до 90–93 % та 96–97 % відповідно.

Зразки які мають схожість менше 80 % потрібно замінити для продовження зберігання в сховищі довготривалого зберігання. На зберігання закладають лише високоякісне, виповнене, сухе насіння. Перед закладанням офіційного зразка на довготривале зберігання доцільно визначати його початкову життєздатність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Members of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants. International Convention for the Protection of New Varieties of Plants* UPOV Convention (1961), as revised at Geneva (1972, 1978 and 1991). 2024. URL: <https://www.upov.int/members/en/>
2. Пічкур О.В. Проблемні питання правової охорони нових сортів рослин – нетрадиційних об'єктів права інтелектуальної власності. Питання інтелектуальної власності: збірник наукових праць. 2011. Вип. 9. С. 124–143. URL: http://ndiiv.org.ua/Files2/zbornik/zbornik_9.pdf

3. Про охорону прав на сорти рослин: Закон України від 15.11.2024 р. № 3116-XII: станом на 20.01.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12#Text>

4. Порядок забезпечення офіційними та дослідними зразками посадкового матеріалу сорту (поточна редакція від 05.05.2024 № z1785-23). Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 12.10.2023 р. № 1785/40841. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1785-23#Text> (дата звернення: 20.12.2024)

5. Ellis R.H., Roberts E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*. 1980. Vol. 45. P. 13–30. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a085797

6. Ellis R.H., Roberts E.H. Prediction of seed longevity at sub-zero temperatures and genetic resources conservation. *Nature*. 1977. Vol. 268. P. 431–432. DOI: 10.1038/268431a0

7. Ellis R.H., Hong T.D., Roberts E.H. A low-moisture content limit to logarithmic relation between seed moisture content and longevity. *Annals of Botany*. 1988. Vol. 61. P. 405–408. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a087571

8. Ellis R.H., Hong T.D., Roberts E.H. A comparison of low moisture content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in 12 species. *Annals of Botany*. 1989. Vol. 63. P. 601–611. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a087788

9. Ellis R.H., Hong T.D. Quantitative response of the longevity of seed of twelve crops to temperature and moisture in hermetic storage. *Seed Science and Technology*. 2007. 35(2). P. 432–444. DOI: 10.15258/sst.2007.35.2.18

10. Новицька Н.В. Модифікаційний вплив на якість та довговічність насіння польових культур. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. № 10(3). С. 12–19. DOI: 10.31548/agr2019.03.012

11. Brown K. Patience yields secrets of seed longevity. *Science*. 2001. Vol. 291. P. 1884–1885. DOI: 10.1126/science.291.5510.1884

12. Steiner A., Ruckenbauer P. Germination of 110-year-old cereal and weed seeds, the Vienna Sample of 1877. Verification of effective ultra-dry storage at ambient temperature. *Seed Science Research*. 1995. Vol. 5. P. 195–199. DOI: 10.1017/S0960258500002853

13. Telewski F.W., Zevevaart J.A. The 120-yr period for Dr. Beal's seed viability experiment. *American Journal of Botany*. 2002. Vol. 89. P. 1285–1288. DOI: 10.3732/ajb.89.8.1285

14. Harrington J.F. Biochemical basis of seed longevity. *Seed Science and Technology*. 1973. Vol. 1. P. 453–461.

15. Кавунець В.П., Маласай В.М. Проростання зерна в колосі. Як запобігти цьому небажаному

явищу в насіннєвих посівах озимої пшениці. *Насінництво*. 2005. № 6. С. 8–9.

16. Вишневецька А.М., Вишневецький В.В., Кіндрук М.О., Слюсаренко О.К. Життєздатність насіння при його зберіганні: збірник наукових праць. 2005. Вип. 7(47). С. 36–45.

17. Cromarty A., Ellis R.H., Roberts E.H. *The Design of Seed Storage Facilities for Genetic Conservation*. Rome: International Board for Plant Genetic Resources. Bioversity International. 1982. 96 p. URL: https://books.google.com.ua/books?id=44xNGnxCd2kC&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

18. FAO. *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO. 2010. 399 p. URL: <https://www.fao.org/4/i1500e/i1500e.pdf>

19. FAO. *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO. 2014. 182 p. URL: <https://www.fao.org/4/i3704e/i3704e.pdf>

20. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур сортів та посівні якості. Київ: Держстандарт України, 1994. 80 с.

21. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 148 с.

REFERENCES

1. Members of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants. *International Convention for the Protection of New Varieties of Plants* UPOV Convention (1961)*, as revised at Geneva (1972, 1978 and 1991). 2024. Available at: <https://www.upov.int/members/en/>

2. Pichkur, O.V. (2011). Problemni pytannja pravovoї ohorony novykh sortiv roslin – netradytsijnnykh ob'ektiv prava intelektual'noi vlasnosti [Problematic issues of legal protection of new plant varieties – non-traditional objects of intellectual property law]. *Pytannia intelektualnoi vlasnosti: zbirnyk naukovykh prats* [Intellectual property issues: Collection of scientific papers]. Issue 9, pp. 124–143. Available at: http://ndiiv.org.ua/Files2/zbornik/zbornik_9.pdf

3. Pro okhoronu prav na sorty Roslyn: Zakon Ukrainy vid 15.11.2024 r. № 3116-HII: stanom na 20.01.2025. [On Protection of Rights to Plant Varieties: Law of Ukraine of 15.11.2024 No. 3116-XII: as 20.01.2025]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12#Text>

4. Porjadok zabezpechennia ofitsiinymy ta doslidnymy zrazkamy posadkovoho materialu sortu. Zarejestrovano v Ministerstvi justycii' Ukrainy 12.10.2023 r. № 1785/40841 [The procedure for providing official and experimental samples of planting material of the variety (current edition dat-

ed 05.05.2024 No. z1785–23). Registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 10.12.2023 No. 1785/40841]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1785-23#Text>

5. Ellis, R.H., Roberts, E.H. (1980). Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*. Vol. 45, pp. 13–30. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a085797

6. Ellis, R.H., Roberts, E.H. (1977). Prediction of seed longevity at sub-zero temperatures and genetic resources conservation. *Nature*. Vol. 268, pp. 431–432. DOI: 10.1038/268431a0

7. Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts, E.H. (1988). A low-moisture content limit to logarithmic relation between seed moisture content and longevity. *Annals of Botany*. Vol. 61, pp. 405–408. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a087571

8. Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts, E.H. (1989). A comparison of low moisture content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in 12 species. *Annals of Botany*. Vol. 63, pp. 601–611. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a087788

9. Ellis, R.H., Hong, T.D. (2007). Quantitative response of the longevity of seed of twelve crops to temperature and moisture in hermetic storage. *Seed Science and Technology*. no. 35(2), pp. 432–444. DOI: 10.15258/sst.2007.35.2.18

10. Novytska, N.V. (2019). Modyfikacijnyj vplyv na jakist' ta dovgovichnist' nasinnja pol'ovyh kul'tur [Modification effect on the quality and durability of field crop seeds]. *Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo* [Crop production and soil science]. no. 10(3), pp. 12–19. DOI: 10.31548/agr2019.03.012

11. Brown, K. (2001). Patience yields secrets of seed longevity. *Science*. Vol. 291, pp. 1884–1885. DOI: 10.1126/science.291.5510.1884

12. Steiner, A., Ruckenbauer, P. (1995). Germination of 110-year-old cereal and weed seeds, the Vienna Sample of 1877. Verification of effective ultra-dry storage at ambient temperature. *Seed Science Research*. Vol. 5, pp. 195–199. DOI: 10.1017/S0960258500002853

13. Telewski, F.W., Zeevaert, J.A. (2002). The 120-yr period for Dr. Beal's seed viability experiment. *American Journal of Botany*. Vol. 89, pp. 1285–1288. DOI: 10.3732/ajb.89.8.1285

14. Harrington, J.F. (1973). Biochemical basis of seed longevity. *Seed Science and Technology*. Vol. 1, pp. 453–461.

15. Kavunets, V.P., Malasai V.M. (2005). Pro-rostannja zerna v kolosi. Jak zapobigty c'omu nebazhanomu javyshhu v nasinnjevyh posivah ozymoï' pshenyci [Germination of grain in the ear. How to prevent this undesirable phenomenon in winter wheat seed crops]. *Nasinnnytstvo* [Seed production]. no. 6, pp. 8–9.

16. Vyshnevskaya, A.M., Vyshnevskiy, V.V., Kindruk, M.O., Sliusarenko, O.K. (2005). Seed viability during storage: zbirnyk naukovykh prats [Seed viability during storage: collection of scientific papers]. Issue 7(47), pp. 36–45.

17. Cromarty, A., Ellis, R.H., Roberts, E.H. (1982). *The Design of Seed Storage Facilities for Genetic Conservation*. Rome: International Board for Plant Genetic Resources. Bioversity International. Available at: https://books.google.com.ua/books?id=44xNGnxCd2kC&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

18. FAO. *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO. 2010. Available at: <https://www.fao.org/4/i1500e/i1500e.pdf>

19. FAO. *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO. 2014. Available at: <https://www.fao.org/4/i3704e/i3704e.pdf>

20. DSTU 2240-93. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur sortovi ta posivni yakosti* [State Standard of Ukraine 2240-93. Seeds of agricultural crops are varietal and sowing quality]. Kyiv, Derzhstandart of Ukraine, 1994, 80 p.

21. DSTU 4138-2002. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti*: [State Standard of Ukraine 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2003, 148 p.

Durability and renewal of the official seed sample from the long-term storage facility

Kyrylchuk A., Hryniv S., Daniuk Y., Bezprozvanna I., Chukhleba L., Kulyk, T., Shklyar V.

The article presents the research results of crop seeds sowing qualities.

The purpose of the study was to determine germination energy and seeds germination of official samples stored in long-term storage facility. The studies were conducted during 2024 in the laboratory of plant variety quality indicators of Ukrainian Institute of Plant Variety Expertise. In the process of research computational and statistical methods – analysis and synthesis – were used to prepare conclusions.

A subgroup of samples with an average germination rate of 93–98 % was identified: soft and durum wheat, triticale, and corn. The wheat, barley, triticale, oats and rice with increasing storage time reduced the viability of the seeds. In corn, after storage for 8 and 7 years within the harvest year the germination of seeds was 95–96 %. Increasing of storage duration period of solid and two-color wheat seeds up to 14 and 15 years respectively contributes to better grain viability of 92–93 % and 84 %, respectively.

After storage of millet seeds up to 9 years, germination energy and viability energy were 98–99 %, and with increasing storage duration to 12 years

the seeds viability decreased to 96 %. In buckwheat the viability of seeds was 80 % for storage up to 16 years, but with increasing of storage period to 19 years it decreased to 30 %. With increasing storage to 15 years the viability of legume seeds decreases to 50–90 %. With increasing storage time in sunflower up to 8 years, and in rapeseed up to 15 years the seeds viability decreases to 90–93 % and 96–97 % respectively.

To continue storage in long-term storage facility the samples with a similarity of less than 80 % must be replaced. Only high quality, filled, dry seeds are laid for storage. Before placing the official sample on long-term storage, it is advisable to determine its initial viability.

Key words: gene bank, germination energy, seed viability, germination monitoring, seed bank, varietal seeds, seed germination.



Copyright: Кирильчук А.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:

Кирильчук А.М.

<https://orcid.org/0000-0003-3948-5810>

Гринів С.М.

<https://orcid.org/0000-0002-2044-4528>

Данюк Ю.С.

<https://orcid.org/0000-0001-8698-2161>

Безпрозвана І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-4240-7605>

Чухлеб Л.І.

<https://orcid.org/0000-0003-2140-7718>

Кулик Т.Є.

<https://orcid.org/0000-0001-9945-996X>

Шкляр В.Д.

<https://orcid.org/0000-0002-0812-0627>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.547:57.087

**Екологічна стабільність та пластичність
виросування пшениці в умовах 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. Екологічна стабільність та пластичність вирощування пшениці в умовах Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 98–103.

Kononiuk N., Prysiazhniuk O. Ecological stability and plasticity of wheat cultivation in the conditions of the Forest-steppe zone of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 98–103.

Рукопис отримано: 28.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-98-103

У статті наведено результати досліджень щодо особливостей формування стабільності та пластичності урожайності пшениці за вирощування її в умовах різних регіонів Лісостепу України.

Метою досліджень було встановлення впливу екологічних умов регіонів вирощування пшениці на продуктивність зерна. Упродовж 2010–2024 рр. проводили дослідження в основних регіонах, що належать до Лісостепу України: Вінницькій, Київській, Полтавській, Сумській, Тернопільській, Харківській, Хмельницькій, Черкаській та Чернівецькій областях.

Виявлено, що для Вінницької області умови вирощування пшениці поступово трансформувались від екстенсивних до інтенсивних, а наразі висока пластичність урожайності забезпечує реалізацію біологічного потенціалу рослин в роки із сприятливими погодними умовами. Інакше кажучи, урожайність в умовах регіону чергується від гарного рівня продуктивності рослин до неврожаю, що пов'язано з різкою континентальністю клімату в останні роки. Аналогічні закономірності виявлено і для Київської області, причому регіон характеризується стабільно високим рівнем пластичності урожайності.

Центральні та східні регіони, такі як Полтавська та Харківська області демонструють стабільний перехід від кращих до гірших умов вирощування, що зумовлює отримання низької урожайності культури. У Сумській області спостерігаємо ліміт чинників навколишнього середовища та обмеження урожайності. Натомість гарні умови реалізації біологічного потенціалу пшениць склались в останні п'ять років в Тернопільській, Хмельницькій та Черкаській областях. Тобто основні площі пшениці більш доцільно розмішувати саме в умовах цих регіонів Лісостепу України.

Ключові слова: пшениця, урожайність, інтенсивні умови, ліміт чинників середовища.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Придатність агроєкологічних умов регіону до вирощування певних культур можна оцінювати не лише за рівнем урожайності, а також за показниками стабільності та пластичності її формування. Оскільки ґрунтово-кліматичні умови регіону не змінює, а з огляду на глобальне потепління, що призводить до нестачі опадів, підвищення середньодобових температур повітря та зміни низки агрофізичних параметрів ґрунту,

маємо проблеми з вирощуванням традиційних для регіону культур [1–4].

Згідно з даними науковців, середньорічна температура повітря Лісостепу України з початку 90-х років ХХ ст. до 2025 року збільшилася на 2 °С. Це сприяло подовженню вегетаційного періоду в окремих областях з 16 та максимум на 30 діб та збільшенню суми активних температур на 450–600 °С, що відкриває нові можливості для вирощування теплолюбних культур з довгим

вегетаційним періодом, зокрема біоенергетичних [5, 6].

Також спостерігається збільшення кількості літніх днів з температурами понад 30 °С, що вдвічі більше, ніж раніше. Це прискорює дозрівання культур, в яких генеративний період припадає на початок або середину літа та знижує їх урожайність [7].

Наслідком подовження періоду вегетації є те, що у Лісостепу України спостерігаються такі кліматичні явища як тривалі періоди без опадів, що істотно знижує запас вологи в ґрунті, особливо під час сівби пізніх культур чи озимих. Також виникають інтенсивні зливові опади, коли за один день може випасти кількість опадів, що відповідає місячній нормі, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин [8]. Інакше кажучи, культури, вирощування яких було доцільним за використання сприятливих проміжків з достатньою кількістю опадів та сприятливими температурами повітря, зараз не завжди можливо ефективно вирощувати в умовах регіону. Вони потрапляють під дію несприятливих погодних умов саме в період критичних потреб щодо чинників живлення [9].

Натомість сприятливі температурні умови в пізню осінь і зиму покращують перезимівлю озимих культур, але також впливають на терміни їх сівби. Легкі морози взимку зменшують глибину промерзання ґрунту, що сприяє кращому поглинанню вологи та забезпечує достатню вологість ґрунту для сівби ранніх холодостійких культур [10, 11].

Тому, до оцінювання рівня урожайності зернових культур слід підходити з погляду виявлення сприятливості агроекологічних умов їх вирощування та як результат – рекомендацій до заміни сортів, агротехнологій, а в найбільш несприятливих умовах – зміни рекомендованих зон вирощування [12–14].

В умовах ощадливої витрати ресурсів в кліматичних умовах регіонів Лісостепу України більш ефективним є дотримання принципу екологізації та оптимізації набору культур, що вирощують відповідно до можливостей забезпечення їх потреб в регіоні. Натомість отримання врожаїв видів які вже не можуть ефективно рости в умовах що змінюються є недоцільним [15].

Навіть з позицій ощадливого природокористування – вирощування культур, що не можуть ефективно використати ресурси, якими людина забезпечує їх під час виконання агротехнологічних операцій, призводить до втрати цих ресурсів. Надалі певна частина елементів добрив може бути засвоєна наступ-

ними культурами, а засоби захисту рослин просто витрачаються і в такий спосіб збільшують хімічний тиск на навколишнє середовище [16–18].

Метою досліджень було виявлення впливу екологічних умов регіону вирощування на стабільність та пластичність урожайності пшениці в Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2010–2024 рр. в основних регіонах Лісостепу України.

За *грунтовими умовами* регіони є типовими для зони Лісостепу, адже близько 60 % площ Вінницької та Хмельницької областей займають чорноземи опідзолені, а в умовах Київської, Сумської та Чернівецької областей найбільш поширеними є сірі та темно-сірі лісові ґрунти. Чорноземи типові займають близько 70 % Полтавської області, а звичайні та опідзолені – найпоширеніші ґрунти Харківської та Черкаської областей. Тимчасом чорноземи опідзолені є найпоширенішим типом ґрунтів Тернопільської області.

Погодні показники в роки проведення досліджень відрізнялись від середніх багаторічних значень, проте, загалом, були сприятливими для вегетаційного періоду рослин.

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].

Дослідження проводили згідно з методиками польового дослідження та методикою Державного сортовипробування сільськогосподарських культур [20].

Результати дослідження та обговорення. Проаналізуємо показники варіювання даних урожайності пшениці по регіонах України (табл. 1) та результати обчислень стабільності (b) і пластичності (W) урожайності (табл. 2).

У період з 2010 до 2014 рр. велика варіація урожайності пшениці була зафіксована в Київській, Сумській та Харківській областях, а значна спостерігалась в Полтавській, тимчасом у Вінницькій, Тернопільській, Хмельницькій, Черкаській та Чернівецькій – середня.

Натомість в період з 2015 до 2019 рр. лише в умовах Київської, Харківської та Черкаської областей була визначена середня варіація урожайності пшениці.

В останній проміжок часу з 2020 до 2024 рр. значне варіювання урожайності спостерігалось в Хмельницькій області, тимчасом в Київській, Полтавській, Черкаській та Чернівецькій – отриманий середній рівень варіації.

Таблиця 1 – Стандартне відхилення та коефіцієнт варіації урожайності пшениці по регіонах України

Регіон	2024–2020		2019–2015		2014–2010	
	стандартне відхилення (SD)	коефіцієнт варіації (CV)	стандартне відхилення (SD)	коефіцієнт варіації (CV)	стандартне відхилення (SD)	коефіцієнт варіації (CV)
Вінницька	0,39	9,0	0,36	6,9	0,51	11,6
Київська	0,79	15,9	0,66	14,2	0,94	23,0
Полтавська	0,72	15,0	0,29	6,6	0,69	17,7
Сумська	0,37	7,9	0,38	8,1	0,93	23,7
Тернопільська	0,25	4,9	0,25	5,0	0,63	15,8
Харківська	0,53	9,6	0,50	12,2	0,86	21,7
Хмельницька	0,78	18,3	0,17	3,1	0,65	14,9
Черкаська	0,80	13,7	0,67	13,7	0,55	11,9
Чернівецька	0,62	12,0	0,46	10,3	0,59	15,1

Таблиця 2 – Стабільність (b) та пластичність (W) урожайності пшениці по регіонах України

Регіон	2024–2020		2019–2015		2014–2010	
	b	W	b	W	b	W
Вінницька	1,706	$1,291 \times 10^5$	2,080	$1,153 \times 10^5$	0,731	$3,847 \times 10^5$
Київська	1,542	$1,304 \times 10^5$	2,884	$1,190 \times 10^5$	1,125	$3,937 \times 10^5$
Полтавська	0,736	$1,313 \times 10^5$	1,932	$1,205 \times 10^5$	0,963	$3,982 \times 10^5$
Сумська	-0,111	$1,279 \times 10^5$	-0,530	$1,185 \times 10^5$	1,527	$3,969 \times 10^5$
Тернопільська	1,061	$1,260 \times 10^5$	-0,277	$1,161 \times 10^5$	0,867	$3,954 \times 10^5$
Харківська	-0,642	$1,342 \times 10^5$	1,493	$1,222 \times 10^5$	1,307	$3,965 \times 10^5$
Хмельницька	1,571	$1,237 \times 10^5$	0,426	$1,129 \times 10^5$	0,936	$3,872 \times 10^5$
Черкаська	1,358	$1,282 \times 10^5$	3,018	$1,176 \times 10^5$	0,780	$3,804 \times 10^5$
Чернівецька	1,778	$1,307 \times 10^5$	-2,028	$1,202 \times 10^5$	0,763	$3,970 \times 10^5$

Загалом погодні умови в різних регіонах вирощування пшениці змінювались впродовж попередніх п'ятирічок, зокрема для Вінницької області відбувся перехід від екстенсивних до інтенсивних умов вирощування, а наразі спостерігаємо високу пластичність показників урожайності, що дозволяє отримувати гарантовано високу урожайність пшениці за сприятливих погодних умов. У випадку несприятливого впливу умов вирощування ми не можемо отримати високий рівень продуктивності рослин (табл. 3).

Натомість Київська область стабільно має високу пластичність урожайності пшениці за усі досліджувані п'ятирічки, що вказує на специфічність умов області щодо вирощування культури. У сприятливих за зволоженням роки отримуємо гарну продуктивність, а несприятливі чинники ставлять під загрозу продовольчу безпеку вирощування цієї культури.

На противагу цьому умови, що складаються в Полтавській та Харківській областях, демонструють стабільний перехід від кращих, в яких формувалась висока пластич-

ність урожайності пшениці до гірших – що зумовлюють отримання лише низької пластичності та відповідно накладають обмеження на формування урожайності культури.

У Сумській області умови вирощування погіршилися ще більше, що призвело до ліміту чинників навколишнього середовища та подальшого обмеження рівня урожайності культури.

Натомість гарні умови реалізації біологічного потенціалу пшениць склались в останню п'ятирічку в Тернопільській, Хмельницькій та Черкаській областях. Причому спостерігали плавний перехід від одного стану до іншого. Тобто від низької пластичності до високої, або навпаки. Тимчасом хаотичних змін «полярності» впливу погодних умов на формування урожайності пшениці не було виявлено. Це побічно, але підтверджує твердження про глобальні зміни погодних умов в межах одного агроґрунтового регіону, що здатні спричинити істотний вплив на ріст, розвиток та урожайність пшениці в умовах Лісостепу України.

Висновки. Виявлено, що для Вінницької області умови вирощування пшениці поступово трансформувались від екстенсивних до інтенсивних, а наразі висока пластичність урожайності сприяє реалізації біологічного потенціалу рослин в роки із сприятливими погодними умовами. Інакше кажучи, урожайності в умовах регіону чергуються від гарного рівня продуктивності рослин до неврожаю, що пов'язано з різкою континентальністю клімату в останні роки. Аналогічні закономірності отримано і для Київської області, причому регіон характеризується стабільно високим рівнем пластичності урожайності.

Центральні та східні регіони, такі як Полтавська та Харківська області, демонструють стабільний перехід від кращих до гірших умов вирощування, що зумовлює отримання низької урожайності культури. У Сумській області спостерігаємо ліміт чинників навколишнього середовища та обмеження урожайності. Натомість гарні умови реалізації біологічного потенціалу пшениць склались в останні п'ять років у Тернопільській, Хмельницькій та Черкаській областях. Тобто основні площі пшениці більш доцільно розміщувати саме в умовах цих регіонів Лісостепу України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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
2. 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
3. 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
4. Nielsen D.C., Vigil M.F., Hansen N.C. Evaluating potential dryland cropping systems adapted to climate change in the central Great Plains. *Agron. J.* 2016. 108. P. 2391–2405. DOI: 10.2134/agronj2016.07.0406
5. Антоненко В.С. Динамічне моделювання росту, розвитку і формування продуктивності озимої пшениці. Київ: АртЕк, 2002. 64 с.
6. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Одеса: Екологія, 2013. 433 с.
7. Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? Київ: Німецько-Український агрополітичний діалог, 2019. 36 с.
8. Петриченко В.Ф., Балюк С.А., Носко Б.С. Підвищення стійкості землеробства в умовах глобального потепління. *Вісник аграрної науки.* 2013. № 9. С. 5–12.
9. Польовий В.М., Лукашук Л.Я., Лук'яник М.М. Вплив змін клімату на розвиток рослинництва в умовах західного регіону. *Вісник аграрної науки.* 2019. № 9 (798). С. 29–34.
10. Бабіченко В.М., Ніколаєва Н.В., Тушина Л.М. Зміни температури повітря на території України наприкінці XX та на початку XXI століть. *Український географічний журнал.* 2007. № 4. С. 3–12.
11. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал.* 2016. № 1. С. 14–22.
12. 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
13. 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
14. 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
15. Agroecological aspects of zonal application of fertilizers and pesticides in wheat cultivation in the Forest-Steppe of Ukraine / O. Prysiachniuk et al. *Ecological Engineering & Environmental Technology.* 2025. 26(5). P. 146–162. DOI: 10.12912/27197050/203075
16. 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
17. Macholdt J., Barthelmes G., Ellmer F., Baumecker M. Yield stability of winter wheat grown in Brandenburg. *J. Cultiv. Plants.* 2013. 65. P. 411–421.
18. Hejzman M., Kunzová E., Srek P. Sustainability of winter wheat production over 50 years of crop rotation and N, P and K fertilizer application on illimerized luvisol in the Czech Republic. *Field Crops Res.* 2010. 139. P. 30–38. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.10.005
19. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
20. Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях / О.І. Присяжнюк та ін. Київ: Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.

REFERENCES

1. 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
2. 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
3. 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
4. Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Hansen, N.C. (2016). Evaluating potential dryland cropping systems adapted to climate change in the central Great Plains. *Agron. J.* no. 108, pp. 2391–2405. DOI: 10.2134/agronj2016.07.0406
5. Antonenko, V.S. (2002). *Dynamichne modelivannia rostu, rozvytku i formuvannia produktyvnosti ozymoi pshenytsi* [Dynamic modeling of growth, development, and yield formation of winter wheat]. Kyiv, ArtEk, 64 p.
6. Polovyi, A.M. (2013). *Modelivannia hidrometeorologichnoho rezhymu ta produktyvnosti ahroekosystem* [Modeling of hydrometeorological regime and productivity of agroecosystems]. Odesa, Ekologia, 433 p.
7. Adamenko, T. (2019). *Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram?* [Climate change and agriculture in Ukraine: What farmers need to know]. Kyiv, German-Ukrainian agropolitical dialogue, 36 p.
8. Petrychenko, V.F., Baliuk, S.A., Nosko, B.S. (2013). *Pidvyschennia stiikosti zemlerobstva v umovakh hlobalnoho poteplinnia* [Increasing the sustainability of farming under global warming conditions]. *Visnyk ahraryoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science]. no. 9, pp. 5–12.
9. Polovyi, V.M., Lukashchuk, L.Ya., Luk'ianik, M.M. (2019). *Vplyv zmin klimatu na rozvytok roslinnytstva v umovakh zachidnoho rehionu* [Impact of climate change on the development of crop production in the western region]. *Visnyk ahraryoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science]. no. 9(798), pp. 29–34.
10. Babichenko, V.M., Nikolaieva, N.V., Tushyna, L.M. (2007). *Zminy temperatury povitria na terytorii Ukrainy naprykintsi XX ta na pochatku XXI stolittia* [Changes in air temperature in Ukraine at the end of the 20th and the beginning of the 21st centuries]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal* [Ukrainian Geographical Journal]. no. 4, pp. 3–12.
11. Tarariko, O.H., Iliencko, T.V., Kuchma, T.L. (2016). *Vplyv zmin klimatu na produktyvnist ta valovi zbori zernovykh kultur: analiz ta prohnoz* [Impact of climate change on the productivity and gross harvests of cereal crops: Analysis and forecast]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal* [Ukrainian Geographical Journal]. no. 1, pp. 14–22.
12. 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
13. Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugghe, D., Biewald, A., Boudirsky, 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
14. 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
15. Prysiazniuk, O., Kononiuk, N., Cherniak, M., Musich, V., Kachura, Y., Prytula, O., Voievoda, L., Honcharuk, O. (2025). Agroecological aspects of zonal application of fertilizers and pesticides in wheat cultivation in the Forest-Steppe of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology.* no. 26(5), pp. 146–162. DOI: 10.12912/27197050/203075
16. 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
17. Macholdt, J., Barthelmes, G., Ellmer, F., Baumacker, M. (2013). Yield stability of winter wheat grown in Brandenburg. *J. Cultiv. Plants.* no. 65, pp. 411–421.
18. Hejzman, M., Kunzová, E., Srek, P. (2010). Sustainability of winter wheat production over 50 years of crop rotation and N, P and K fertilizer application on illimerized luvisol in the Czech Republic. *Field Crops Res.* no. 139, pp. 30–38. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.10.005
19. Ermantraut, E.R., Prysiazniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statistical analysis of agroeconomic research data in package Statistica 6.0. Guidelines. Kyiv, PolygraphConsaltynng, 56 p.
20. Prysiazniuk, 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.

Ecological stability and plasticity of wheat cultivation in the conditions of the Forest-steppe zone of Ukraine

Kononiuk N., Prysiazniuk O.

The article presents the research results regarding the peculiarities of yield stability and plasticity formation in wheat cultivation across different regions of the Forest-Steppe of Ukraine.

The aim of the research was to determine the influence of ecological conditions of the wheat-growing regions on grain productivity.

During 2010–2024 research were conducted in the main regions belonging to Ukraine's For-

est-Steppe zone: Vinnytsia, Kyiv, Poltava, Sumy, Ternopil, Kharkiv, Khmelnytskyi, Cherkasy, and Chervivtsi regions.

It was found that in Vinnytsia region wheat growing conditions gradually transformed from extensive to intensive, while high plasticity of yields facilitates the realization of biological potential of plants in years when weather conditions are favourable. In other words, yields in the region conditions alternates from high productivity to crop failure, which is associated with the sharp continentality of the climate in recent years. Similar patterns were identified for Kyiv region, which is characterized by a consistently high level of yield plasticity.

The central and eastern regions, such as Poltava and Kharkiv regions, show a steady transition from better to poorer growing conditions, which leads to consistently low wheat yields. In contrast, in Sumy region environmental limiting factors restrict crop productivity. Meanwhile, favourable conditions for realizing the biological potential of wheat have been established over the past five years in Ternopil, Khmelnytskyi, and Cherkasy regions. This means it is more advisable to allocate major wheat cultivation areas specifically in these Forest-Steppe regions of Ukraine.

Key words: wheat, yield, intensive conditions, environmental limiting factors.



Copyright: Кононюк Н.О., Присяжнюк О.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.

ORCID iD:

Кононюк Н.О.

Присяжнюк О.І.

<https://orcid.org/0000-0002-5313-4999>

<https://orcid.org/0000-0002-4639-424X>



АГРОНОМІЯ

УДК 635.21:581.143:631.526.32:58.085

Вплив різного складу живильного середовища на ріст і розвиток рослин сучасних сортів картоплі в культурі *in vitro*Купріянова Т.М. 

Інститут картоплярства НААН



E-mail: kyptm@meta.ua



Купріянова Т.М.. Вплив різного складу живильного середовища на ріст і розвиток рослин сучасних сортів картоплі в культурі *in vitro*. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 104–111.

Kupriianova T. Influence of different composition of the nutrient medium on the growth and development of plants of modern potato varieties *in vitro*. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 104–111.

Рукопис отримано: 10.02.2025 р.

Прийнято: 25.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-104-111

Метою дослідження було вивчення впливу різного складу живильного середовища на формування морфологічних структур рослин картоплі в культурі *in vitro* та насінневу продуктивність мінібульб досліджуваних сортів картоплі. Дослідження проводили у відділі біотехнології та біотехнічних систем Інституту картоплярства НААН. Об'єктом дослідження були сорти картоплі селекції Інституту картоплярства НААН – Скарбниця, Фотинія, Житниця, Містерія.

За результатами проведених досліджень виявлено достовірність відмінностей за показниками, що вивчали, як між різними генотипами, так і між різними концентраціями сахарози та вітамінів у живильному середовищі. Висота рослин-регенерантів за культивування *in vitro* перебувала у прямій залежності від складу живильного середовища. Виявлено позитивний вплив на ріст рослин живильного середовища з підвищеним вмістом сахарози та додаванням вітамінів, це сприяло отриманню добре розвинених рослин. Зокрема, проведеними дослідженнями встановлено: більш активний ріст рослин спостерігали на живильному середовищі з підвищеним вмістом сахарози до 4 % і вітамінів – 2 мг/л. Висота рослин усіх досліджуваних сортів збільшилася на 7–12,8 % порівняно з контролем, також збільшилася і кількість міжвузлів. Аналіз структури врожаю мінібульб показав, що кращими за кількістю бульб на рослину – 7,6–9,4 шт. були сорти Житниця та Містерія, а за масою бульб з куща переважав сорт Скарбниця – до 200,9 г. Отже, у результаті проведених досліджень вивчили вплив різних чинників на ріст та розвиток рослин картоплі *in vitro* з живців, висаджених на різне за складом живильне середовище. Встановлено, що темпи росту живців залежать від освітленості, фотоперіоду та складу живильного середовища. Оптимальне співвідношення всіх показників та елементів живлення сприяло збільшенню висоти рослин, кількості міжвузлів та кращому розвитку кореневої системи.

Ключові слова: рослини *in vitro*, агаризоване середовище, мінібульби, картопля, макроелементи, сахароза.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Основи високої ефективності системи насінництва закладаються на етапі виробництва оригінального насіннєвого матеріалу. Поліпшення якості насіннєвої картоплі – одна з найважливіших умов

отримання стабільного врожаю та підвищення ефективності її виробництва. Безвірусна система насінництва картоплі спрямована на оздоровлення сортів від вірусних та інших хвороб і розмноження оздоровленого матеріалу у стерильних умовах,

що захищають його від повторного інфікування. Розмноження рослин методом верхівкової меристеми передбачає проведення багаторазових живцювань, що дозволяють впродовж року регулярно отримувати заплановану кількість безвірусних рослин [1; 2]. Найважливіший чинник ефективного застосування методу мікроклонального розмноження – склад живильного середовища, його основні компоненти – макро- і мікроелементи, сахароза, вітаміни та регулятори росту. Показником високої оцінки ефективності мікроклонального розмноження є стабільний розвиток рослин з живців, без видимих змін в органогенезі, з характерними для сорту біометричними показниками (високою біомасою, сформованими живцями, листям та розвиненою кореневою системою). Основні чинники, що забезпечують параметри росту та розвитку мікророслин – сортові особливості та склад живильного середовища. Підтримка оптимального мікроклімату та суворе дотримання складових компонентів живильного середовища – обов'язкова умова мікроклонального розмноження [3–5]. Довільна зміна складу живильного середовища та світлового режиму може призвести до суттєвого уповільнення і зміни у зростанні меристемної тканини.

З огляду на практику проведення численних експериментів з вивчення різного складу живильних середовищ, найбільш придатні для рослин картоплі середовища на мінеральній основі за Мурасіге – Скуга, що відрізняються більш повним вмістом поживних речовин та високим – макро- і мікроелементів [6–8]. Метод виділення апікальних меристем та отримання з них безвірусних мікроклонів є основним способом звільнення рослин картоплі від патогенів. У процесі вегетативного розмноження мікроклонів їх живці культивують в умовах *in vitro* за штучного освітлення. У зв'язку з цим слід очікувати, що краще сформований фотосинтетичний апарат дозволить їм мати перевагу у рості та розвитку під час дорошування на світлоустановках [9–11]. Відомо, що на формування бульб у картоплі значний вплив мають вуглеводи. Для підвищення ефективності прискореного розмноження вихідного оздоровленого посадкового матеріалу для оригінального насінництва картоплі на безвірусній основі ряд авторів пропонує вводити до складу живильного середовища додаткові компоненти з урахуванням особливостей різних генотипів на культивування в умовах *in vitro*. Ріст рослини в пробірці відбувається

впродовж декількох тижнів, залежно від досягнення нею потрібної висоти та кількості міжвузлів, за якими відбувається живцювання. Зі збільшенням висоти рослин збільшується і кількість міжвузлів, отже, буде вищим коефіцієнт розмноження пробіркових рослин і скоротиться період отримання необхідного обсягу вихідного посадкового матеріалу [12–15]. Додатково важливо вирішити проблеми адаптації мікро- і мінібульб до умов відкритого ґрунту та дослідити способи збільшення показників приживлення на етапі *in vitro* – *ex vitro*. Досягнення цих цілей сприятиме підвищенню ефективності сталого агровиробництва та забезпеченню отримання стабільно високих урожаїв картоплі [16–19].

Мета дослідження – вивчення впливу різного складу живильного середовища на формування морфологічних структур у культурі *in vitro* та насінневу продуктивність мінібульб картоплі.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у відділі біотехнології та біотехнічних систем Інституту картоплярства НААН.

Об'єкт досліджень – сорти картоплі селекції ІК НААН – Скарбниця, Фотинія, Житниця, Містерія.

Містерія – сорт картоплі універсального призначення, який належить до групи середньостиглих. Вегетаційний період – 110 діб. У ІК НААН на 60-ту добу після висаджування мав урожайність 16,5 т/га. Наприкінці вегетації – 46,0 т/га. Морфологічні ознаки сорту: бульби чорно-фіолетові, округло-овальної форми, м'якоть жовтого кольору. Маса товарної бульби – 95,7–110,0 г. Вміст крохмалю у бульбах – 16,0 %, вміст сухої речовини – 23,0 %, сирого протеїну – 2,1–2,2 %, вітаміну С – 15,4 мкг/мг, редукованих цукрів – 0,15 %, смакові якості добрі – 8,3 балів. Товарність бульб висока – 85 %. Сорт стійкий до стеблової нематоди та картопляної цистоутворювальної нематоди, звичайного патотипу раку, відносно стійкий до фітофторозу, альтернаріозу, парші звичайної і механічних пошкоджень. Рекомендовані зони вирощування – Полісся та Лісостеп.

Житниця – сорт картоплі столового призначення, який належить до групи середньостиглих. Вегетаційний період – 90 діб. У ІК НААН на 60-ту добу після висаджування мав урожайність 18,7 т/га. Наприкінці вегетації – 50,0 т/га. Морфологічні ознаки сорту: бульби рожеві з червоними вічками, видовжено-овальної форми із середньозаглибленими

вічками, м'якоть кремового кольору. Маса товарної бульби – 90,0–120,0 г. Середня кількість бульб у куці – 16–18 шт. Вміст крохмалю у бульбах – 17,2 %, вміст сухої речовини – 23,0 %, сирого протеїну – 2,1–2,2 %, вітаміну С – 15,4 мкг/мг, редукованих цукрів – 0,15 %, смакові якості добрі – 8,1 балів. Товарність бульб висока – 84 %. Сорт характеризується доброю лежкоздатністю (7 балів), стійкий до картопляної цистоутворювальної нематоди, звичайного патотипу раку, має підвищену стійкість до кільцевої гнилі, відносно стійкий до фітофторозу, альтернаріозу, парші звичайної, залізистої плямистості і механічних пошкоджень. Сорт має високу посухостійкість – 8,0 балів. Рекомендовані зони вирощування – Полісся та Лісостеп.

Фотинія – сорт картоплі столового призначення, який належить до групи середньостиглих. Вегетаційний період – 110 діб. У ІК НААН на 60-ту добу після висаджування мав урожайність 14,5 т/га. Наприкінці вегетації – 45,5 т/га. Морфологічні ознаки сорту: бульби червоні, видовжено-овальної форми з середньозаглибленими вічками, м'якоть білого кольору. Маса товарної бульби – 89,7–118,6 г. Середня кількість бульб у куці – 12–14 шт. Вміст крохмалю у бульбах – 17,0 %, вміст сухої речовини – 24,0 %, сирого протеїну – 2,2–2,3 %, вітаміну С – 15,4 мкг/мг, редукованих цукрів – 0,10 %, смакові якості добрі – 8,0 балів. Товарність бульб висока – 84 %. Сорт стійкий до стеблової нематоди та картопляної цистоутворювальної нематоди, звичайного патотипу раку, відносно стійкий до фітофторозу, альтернаріозу, іржавої плямистості і механічних пошкоджень. Рекомендовані зони вирощування – Полісся та Лісостеп.

Скарбниця – сорт картоплі столового призначення, який належить до групи ранньостиглих. Урожайність – 16,0 т/га на 40–45-ту добу після сходів, 45,0 т/га – наприкінці вегетації. За даними Державного сортопробування гарантований приріст урожайності сорту Скарбниця, у порівнянні з умовним стандартом у зоні Полісся України, становив 12,0 %, в Лісостепу – 42,1 %. Морфологічні ознаки сорту: бульби овальні, з неглибокими вічками, кремові, м'якоть світло-жовта, віночок квітки світло-червоно-фіолетовий. Маса товарної бульби – 85,1–102,9 г. Середня кількість бульб у куці – 14–17 шт. Вміст крохмалю у бульбах – 16,0 %, вміст сухої речовини – 22,0 %, сирого протеїну – 2,0–2,1 %, вітаміну С – 14,3 мкг/мг, редукованих цукрів – 0,18 %, смакові якості добрі – 8,3 балів. Товарність бульб висока – 88 %. Сорт стійкий

до стеблової нематоди та картопляної цистоутворювальної нематоди, звичайного патотипу раку, відносно стійкий до фітофторозу, іржавої плямистості і механічних пошкоджень. Рекомендовані зони вирощування – Полісся та Лісостеп.

Усі необхідні обліки, аналізи та спостереження в процесі проведення досліджень здійснювали згідно з «Методичними рекомендаціями щодо проведення досліджень з картоплею» та «Методикою дослідної справи» [20, 21].

Розмноження вихідних оздоровлених рослин проводили на агаризованому середовищі Мурасіге–Скуга у стерильних умовах. Розживцювані рослини-регенеранти картоплі висаджували на поживних середовищах, що різняться за вмістом сахарози і вітамінів В₁, В₆ і С. Наважки вітамінів розчиняли в 10 мл води, доводили дистильованою водою до об'єму 100 мл і отриманий розчин додавали в готове живильне середовище по 1 і 2 мл/л відповідно до варіантів дослідів. У живильне середовище Мурасіге–Скуга додавали регулятори росту: 0,04 мг/л кінетину, 1 мг/л індолілоцтової кислоти (ІОК). Після відростання пробіркових рослин до утворення 4–6 листочків їх витягали з пробірки і живцювали в чашці Петрі. Усі операції з живцювання проводили в ламінар-боксі. Під час живцювання в стерильному боксі рослини пінцетом діставали із пробірок на простерилізовану чашку Петрі й гострим скальпелем розрізали на живці, кожен з яких включає частину стебла з листочком і пазуховою брунькою. Верхня частина стебла над листочком в 2–3 рази коротша нижньої частини під листком. Потім живці переносили у пробірки з живильним середовищем на глибину міжвузля так, щоб пазухова брунька живця була дещо вище рівня середовища, і закривали пробірки ватно-марлевою пробкою. Інструменти і чашки Петрі стерилізували перед живцюванням кожної рослини. Рослини живцювали на сегменти з одним міжвузлям і висаджували на живильне середовище в пробірки діаметром 2 см з концентрацією сахарози та вітамінів відповідно до варіантів дослідів. Після цього пробірки виставляли у штативах на стелажі в кліматичній кімнаті та культивували за температури 22–24 °С з інтенсивністю освітлення 2–5 тис. люкс люмінесцентними лампами та відносною вологістю 70–80 %.

Живці впродовж 20 діб культивували за довгого 16-годинного фотоперіоду, далі проводили обліки та спостереження за варіантами дослідів. У кожному варіанті вирощували

по 20 рослин зазначених сортів. У процесі вегетації пробіркових рослин визначали показники, що характеризують їх ріст і розвиток: висоту та кількість міжвузлів на одну рослину. Потім висаджували оздоровлені пробіркові рослини картоплі у касети, заповнені торфомінеральним субстратом, та вирощували їх у лабораторних умовах. Отриманий урожай мінібульб відсортували за фракціями і закладали на зберігання для подальшого випробування в польових умовах. Схема досліду включала три варіанти: 1 варіант – середовище МС, концентрація сахарози – 3 % (контроль); 2 варіант – середовище МС, концентрація сахарози – 2 % + вітаміни 1 мг/л; 3 варіант – середовище МС, концентрація сахарози – 4 % + вітаміни 2 мг/л.

Результати дослідження та обговорення. У процесі роботи вивчали вплив різних чинників на ріст та розвиток рослин з живців, висаджених на живильне середовище відповідно до схеми досліду. За результатами досліджень встановлено, що темпи росту живців залежать від освітленості, фотоперіоду та складу живильного середовища. Оптимальне співвідношення всіх показників та елементів живлення сприяє збільшенню кореневої системи, висоти рослин та кількості міжвузлів. Також значний вплив на морфогенез пробіркових рослин має наявність у складі живильного середовища вітамінів, що стимулюють розвиток кореневої та вегетативної систем

рослин і дозволяють повніше використовувати корисні речовини, що містяться в ґрунті, і забезпечувати швидкий ріст рослин. У дослідженнях їх активний ріст відмічено на середовищі з підвищеним до 4 % вмістом сахарози і 2 % вітамінів. Висота рослин-регенерантів за культивування *in vitro* перебувала у прямій залежності від складу живильного середовища. Виявлено позитивний вплив на ріст рослин живильного середовища з підвищеним вмістом сахарози та додаванням вітамінів, це сприяло отриманню добре розвинених рослин, їх висота на 20-ту добу сягала 5,7–8,2 см, перевищивши рослини на стандартному середовищі за цим показником на 0,7–1,2 см залежно від сорту, що вивчали. Найбільше збільшення відмічено у сортів Скарбниця – 12 % і Містерія – 12,8 %.

Рослини сорту Фотинія менш реагували на збільшення концентрації сахарози та вітамінів. Дисперсійний аналіз отриманих результатів виявив достовірність відмінностей за показниками, що вивчали, як між різними генотипами, так і між різними концентраціями сахарози і вітамінів у живильному середовищі. Під час проведення досліджень встановлено, що максимальний вплив на висоту рослин мав генотип сорту. Склад живильного середовища був менш значущим, однак відмічено певну тенденцію щодо збільшення висоти рослин та кількості міжвузлів за збільшення концентрації сахарози і вітамінів (табл. 1).

Таблиця 1 – Біометричні показники рослин картоплі в культурі *in vitro*, 2023–2024 рр.

Сорт	Варіант досліду	Висота рослин, см	Кількість міжвузлів, шт.	Коефіцієнт розмноження
Скарбниця	1-й	5,0	2,6	2,9
	2-й	4,7	2,6	2,6
	3-й	5,7	3,2	3,4
Фотинія	1-й	6,3	3,3	3,5
	2-й	6,6	3,2	3,3
	3-й	7,0	3,7	4,2
Житниця	1-й	7,1	3,4	5,3
	2-й	7,0	3,5	4,8
	3-й	8,2	3,9	5,8
Містерія	1-й	5,9	3,3	4,2
	2-й	6,1	3,2	4,0
	3-й	6,8	3,6	4,4
НІР ₀₅		0,55	0,30	

Встановлено, що середня висота меристемних рослин картоплі у варіанті досліду з концентрацією сахарози 4 % та контрольному варіанті (3 %) достовірно перевищувала висоту рослин у варіанті з концентрацією 2 %. Між 1-им та 3-ім варіантами за цим показником достовірних відмінностей не виявлено, різниця між ними становила 0,5–0,8 см за середньої висоти рослин від 5,0 до 7,8 см. Кількість міжвузлів – важлива морфологічна ознака, що свідчить про здатність генотипів до регенерації та відповідно до збільшення коефіцієнта розмноження мікророслин. Чим вище вихід живців, тим більше мікророслин можна отримувати за подальшого живцювання з метою прискореного розмноження. Про це свідчить висока позитивна кореляція між висотою мікророслин та кількістю сформованих міжвузлів за всіма варіантами живильних середовищ ($r = 0,71\text{--}0,80$, $R = 0,75$). Проведені виміри рослин за сортами свідчать про достовірне перевищення цього показника у варіантах 1 (контроль) та 3 над варіантом 2 та відсутність достовірних відмінностей між варіантами 2 та 3. Зазначено, що сорти Скарбниця та Містерія дещо посту-

ка. Зазначимо також, що і коренева система меристемних рослин картоплі на більш насиченому середовищі швидше росте і розвивається. Водночас приживлення пробіркових рослин під час садіння в ґрунт досягає 85–90 %, в результаті підвищується коефіцієнт розмноження, це важливо для другого етапу в системі безвірусного насінництва – отримання мінібульб. Одним із значних і найскладніших етапів мікроклонального розмноження картоплі є переведення пробіркових рослин від стерильних умов вирощування *in vitro* до умов вирощування на ґрунтовому субстраті у лабораторних умовах. Садіння мікророслин проводили в першій декаді червня в торф'яний субстрат з регулярними поливами та підживленням мікродобривами. Аналіз структури врожаю лабораторних мінібульб показує, що за основним показником, кількістю бульб на рослину – 8,3–9,5 шт., найбільш продуктивними були рослини сортів Містерія та Житниця (табл. 2).

Ранньостиглі сорти значно поступалися за кількістю бульб на рослину іншим досліджуваним сортам. Відповідно найменша кількість бульб 5,8–6,8 шт./кущ була встановлена

Таблиця 2 – Структура врожаю мінібульб картоплі, отриманого від оздоровленого матеріалу, 2023–2024 рр.

Сорт	Варіант досліду	Кількість бульб, шт./кущ	Маса бульб, г/кущ	Середня маса бульби, г
Скарбниця	1-й	6,2	193,6	31,2
	2-й	5,8	191,5	33,0
	3-й	6,8	200,9	29,5
Фотинія	1-й	8,0	176,0	22,0
	2-й	7,7	166,2	21,6
	3-й	8,5	178,2	21,0
Житниця	1-й	8,3	180,3	21,7
	2-й	8,5	174,6	20,5
	3-й	9,5	188,8	20,1
Містерія	1-й	7,6	195,0	25,7
	2-й	8,5	187,4	22,0
	3-й	8,8	198,6	22,6
НІР ₀₅		0,52	11,3	1,53

палися новим сортам Житниця та Фотинія як за висотою рослин, так і кількістю міжвузлів. На нашу думку, є певна сортова реакція на величину концентрації сахарози та вітамінного складу у живильному середовищі. У всіх досліджуваних сортів встановлено підвищення коефіцієнта розмноження у разі підвищення концентрації сахарози і вітамінів у живильному розчині на 7–8 % відносно контролю. Тимчасом знижена концентрація сахарози призводить до зменшення цього показни-

у сорту Скарбниця. Проте, слід зазначити, що сорт Скарбниця значно перевищував досліджувані сорти як за масою однієї бульби, так і масою бульб з куща, з коливаннями за варіантами відповідно 29,5–33,0 г та 191,5–200,9 г/кущ. Середня маса однієї бульби сорту Скарбниця була на 8–10 г вище аналогічні показники інших досліджуваних сортів. У варіантах досліду з різним вмістом сахарози і вітамінів перевищення врожаю мінібульб над стандартним середовищем (контролем)

поміж всіх досліджуваних сортів не було відмічено. Також в процесі досліджень був проведений попередньо візуальний огляд рослин, який встановив відсутність рослин з ознаками ураження грибними, бактеріальними та вірусними хворобами. Для контролю латентної вірусної інфекції був застосований метод імуноферментного аналізу – ІФА (Enzyme-linked immunosorbent assay – ELISA). Результати діагностування зразків картоплі підтвердили відсутність вмісту антигенів вірусів у досліджуваному матеріалі.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що активніший ріст рослин відмічено на середовищі з підвищеним, до 4 %, вмістом сахарози і додаванням 2 мл/л вітамінів. Виявлено, що середня висота меристемних рослин картоплі у варіанті досліді з концентрацією сахарози 4 % і контрольному варіанті (3 %) достовірно перевищувала висоту рослин у варіанті з концентрацією сахарози 2 %. Висота рослин у всіх сортів збільшилася на 7–12,8 % порівняно з контролем. Аналіз структури врожаю мінібульб показав, що за основним показником – кількістю бульб на рослину – 6,9–9,5 шт. найбільш продуктивними були рослини сортів Фотинія та Житниця, а за масою бульб з коливаннями 198,6–200,9 г/рослину – сорти Містерія та Скарбниця. У всіх сортів, що вивчалися, відмічено підвищення коефіцієнта розмноження за підвищення концентрації сахарози в живильному розчині – на 7–8 % у порівнянні з контролем. Зафіксовано прямий зв'язок висоти рослин та кількості міжвузлів з коефіцієнтом розмноження пробіркових рослин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження рослин: введення в культуру. Гончарівські читання: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Суми, Сумський національний аграрний університет, 2020. С. 31–32.
2. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с.
3. Оздоровлення картоплі в культурі in vitro: науково-методичні рекомендації / Р.А. Вожегова та ін. Херсон, 2013. 20 с.
- Індукція бульбоутворення картоплі в культурі in vitro залежно від тривалості фотоперіоду та рівня азотного живлення / Г.С. Балашова та ін. Аграрні інновації. 2020. № 1. С. 74–78. DOI: 10.32848/agrar.innov.2020.1.12.
4. Балашова Г.С., Котова О.І., Котов Б.С., Юзюк О.О. Вплив живильного середовища на індукцію бульбоутворення картоплі in vitro сортів різних груп стиглості. Зрошуване землеробство. 2019. № 71. С. 133–136. DOI: 10.32848/0135-2369.2019.71.28.
5. Elkazzaz A. Micropropagation of four potato cultivars in vitro. Academia Journal of Agricultural Research. 2015. Vol. 3 (9). P. 184–188. DOI: 10.15413/ajar.2015.0145
6. Elbitar In vitro propagation and microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) Spunta variety in Lebanon / M. Dalleh et al. Advances in Horticultural Science. 2023. 37(3). P. 243–253. DOI: 10.36253/ahsc-13895.
7. Балашова Г.С., Лавриненко Ю.О., Котов Б.С. Вплив концентрації сахарози та фітогормонів на процес бульбоутворення картоплі в культурі стolonів in vitro. Вісник аграрної науки. 2017. Т. 95. № 8. С. 51–55. DOI: 10.31073/agrovisnyk201708.
8. Khalil M.M., A.M.H. ElAal. Abd, Samy M.M. Growth Improvement of Potato Plants Produced from Tissue Culture. Middle East Journal of Agriculture Research. 2016. Vol. 5 (4). P. 666–671.
9. Gülsün E.V., Ozsan T., Gozen V., Onus A.N. In vitro micro tuber formation in potato (*Solanum tuberosum* L.): is there any Relation between Methyl Jasmonate, Sugars, and Explants. International Journal of Biotech Trends and Technology. 2018. Vol. 8 (1). P. 1–8.
10. Salem J., Hassanein A.M. In vitro propagation, microtuberization, and molecular characterization of three potato cultivars. Biologia Plantarum. 2017. Vol. 61 (3). P. 427–435.
11. Effects of sucrose and growth regulators on the microtuberization of *cp* potato (*Solanum tuberosum*) germplasm / Ali Shahid et al. Pak. J. Bot. 2018. 50(2). P. 763–768.
12. Dragan V., Ivana D., Branka V. Potato in vitro culture techniques and biotechnology. Global Science Books. 2017. P. 16–45.
13. Застосування біорегуляторів мікробного походження для отримання in vitro ліній картоплі з підвищеною стійкістю до паразитичних нематод / О.М. Шиша та ін. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2020. Т. 26. С. 287–292. DOI: 10.7124/FEEO.v26.1281.
14. Бондарчук А.А., Верменко Ю.Я., Рязанцев В.Б., Рязанцев М.В. Біотехнологія в насінництві картоплі. Вінниця, 2016. С. 42–43.
15. Кузьменко А.М., Палій Ю.І. Управління поливом при вирощуванні мінібульб. Аграрні технології України. 2018. № 2(1). С. 45–49.
16. Сидоренко В.П. Особливості підготовки ґрунту для мінібульб. Аграрний вісник. 2019. № 11(5). С. 22–26.
17. Федоров Л.Г. Роль добрив у вирощуванні насіннєвої картоплі. Журнал аграрної хімії. 2020. № 6(3). С. 34–40.
18. Шевченко Д.К. Фітосанітарний моніторинг при розмноженні картоплі. Фітопатологія та захист рослин. 2017. № 8(2). С. 19–24.
19. Картоплярство: методика дослідної справи / А.А. Бондарчук та ін. Вінниця: ТОВ «ТВО-РИ», 2019. 652с.
20. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве: Інтас, 2002. 182 с.

REFERENCES

1. Matskevych, V.V. (2020). Mikroklonal'ne rozmnozhenja roslyn: vvedennja v kul'turu [Microclonal propagation of plants: an introduction to culture]. Honcharivski chytannia: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Honchariv's readings: materials of the international scientific and practical conference]. Sumy, pp. 31–32.
2. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.A. (2018). Osoblyvosti mikroklonalnogo rozmnozhenja vydiv roslyn [Peculiarities of microclonal reproduction of plant species]. Bila Tserkva, BNAU, 209 p.
3. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Balashova, H.S. (2013). Ozdorovlennia kartopli v kulturi in vitro: naukovo-metodychni rekomendatsii [Improvement of potato in culture in vitro: scientific and methodological recommendations]. Kherson, 20 p.
4. Balashova, G.S., Kotova, O.I., Kotov, B.S. (2020). Indukcija bul'boutvorenja kartopli v kul'turi in vitro zalezhno vid tryvalosti fotoperiodu ta rivnja azotnogo zhyvlennja [Induction of potato tuber formation in in vitro culture depending on the duration of the photoperiod and the level of nitrogen nutrition]. Ahrarni innovatsii [Agrarian innovations]. no. 1, pp. 74–78. DOI: 10.32848/ahrrar.innov.2020.1.12.
5. Balashova, G.S., Kotova, O.I., Kotov, B.S., Yuziuk, O.O. (2019). Vplyv zhyvyl'nogo seredovyscha na indukciu bul'boutvorenja kartopli in vitro sortiv riznyh grup styglosti [The influence of the nutrient medium on the induction of potato tuber formation in vitro of varieties of different maturity groups]. Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated agriculture]. no. 71, pp. 133–136. DOI: 10.32848/0135-2369.2019.71.28.
6. Elkazzaz, A. (2015). Micropropagation of four potato cultivars in vitro. *Academia Journal of Agricultural Research*. Vol. 3 (9), pp. 184–188. DOI: 10.15413/ajar.2015.0145
7. Dalleh, M., Borjac, J., Younes, G., Choueiri, E., Chehade, A., Elbitar, A. (2023). In vitro propagation and microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) Spunta variety in Lebanon. *Advances in Horticultural Science*. no. 37(3), pp. 243–253. DOI: 10.36253/ahsc-13895.
8. Balashova, H.S., Lavrynenko, Yu.O., Kotov, B.S. (2017). Vplyv koncentracii' saharozy ta fitogormoniv na proces bul'boutvorenja kartopli v kul'turi stoloniv in vitro [Influence of sucrose concentration and phytohormones on the process of potato tuber formation in stolon culture in vitro]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Herald of Agrarian Science]. Vol. 95 (8), pp. 51–55. DOI: 10.31073/agrovisnyk201708.
9. Khalil, M.M., El Aal, Abd, A.M.H., Samy, M.M. (2016). Growth Improvement of Potato Plants (*Solanum tuberosum* L.) Produced from Tissue Culture. *Middle East Journal of Agriculture Research*. Vol. 5 (4), pp. 666–671.
10. Gülsün, E.V., Ozsan, T., Gozen, V., Onus, A.N. (2018). In vitro micro tuber formation in potato (*Solanum tuberosum* L.): is there any Relation between Methyl Jasmonate, Sugars, and Explants. *International Journal of Biotech Trends and Technology*. Vol. 8 (1), pp. 1–8.
11. Salem, J., Hassanein, A.M. (2017). In vitro propagation, microtuberization, and molecular characterization of three potato cultivars. *Biologia Plantarum*. Vol. 61 (3), pp. 427–435.
12. Shahid, Ali, Naeem, Khan, Faisal, Nouroz, Shazia, Erum, Wajid Nasim (2018). Effects of sucrose and growth regulators on the microtuberization of potato (*Solanum tuberosum*) germplasm. *Pak. J. Bot.* no. 50(2), pp. 763–768.
13. Dragan, V., Ivana, D., Branka, V. (2018). Potato in vitro culture techniques and biotechnology. *Global Science Books*. pp. 16–42.
14. Shysha, O.M., Spivak, S.I., Tsyhankova, V.A., Iutynska, H.O., Biliavska, L.O., Yemets, A.I., Blum, Ya.B. (2020). Zastosuvannja bioregulatoriv mikrobnogo pohodzhennja dlja otrymannja in vitro liniy kartopli z pidvyshhenomu stikistju do parazytychnykh nematod [The application of microbial originating bioregulators to obtain in vitro lines of potato with increased resistance to parasitic nematodes]. *Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv* [Factors of experimental evolution of organisms]. Vol. 26, pp. 287–292. DOI: 10.7124/FEEO.v26.1281
15. Bondarchuk, A.A., Vermenko, Yu.Ia., Ryzantsev, V.B., Ryzantsev, M.V. (2016). Biotehnologhiia v nasinnystvi kartopli [Biotechnology in potato seed production]. *Vinnytsia*, pp. 42–43.
16. Kuzmenko, A.M., Palii, Yu.I. (2018). Upravlinnia polyvom pry vyroshchuvanni minibulb [Irrigation management when growing minibulbs]. *Ahrarni tekhnologii Ukrainy* [Agricultural technologies of Ukraine]. no. 2(1), pp. 45–49.
17. Sydorenko, V.P. (2019). Osoblyvosti pidhotovky gruntu dlja minibulb [Features of soil preparation for minibulbs]. *Ahrarni visnyk* [Agrarian Bulletin]. no. 11(5), pp. 22–26.
18. Fedorov, L.H. (2020). Rol dobryv u vyroshchuvanni nasinnievoi kartopli [The role of fertilizers in growing seed potatoes]. *Zhurnal ahrarnoi khimii* [Journal of agricultural chemistry]. no. 6(3), pp. 34–40.
19. Shevchenko, D.K. (2017). Fitosanitarni monitorynh pry rozmnozhenni kartopli [Phytosanitary monitoring during potato propagation]. *Fitopatologhiia ta zakhyst roslyn* [Phytopathology and plant protection]. no. 8(2), pp. 19–24.
20. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Oliynyk, T.M., Furdyga, M.M., Vyshnevskaya, O.V., Osipchuk, A.A., Zakharchuk, N.A. (2019). Kartoplyarstvo: metodyka doslidnoyi spravy [Potato growing: methods of research]. *Vinnytsia, LLC «TVORY»*, 652 p.
21. *Metodychni rekomendatsii shhodo provedennia doslidzhen z kartopleyu* [Methodical recommendations for conducting research with potatoes]. Nemishayeve, Intas, 2002, 182 p.

Influence of different nutrient medium compositions on the growth and development of plants of modern potato varieties *in vitro*
Kupriianova T.

The aim of the study was to investigate the influence of different nutrient medium composition on the formation of morphological structures of potato plants *in vitro* and seed productivity of minitubers of the studied potato varieties. The research was conducted at the Department of Biotechnology and Biotechnical Systems of the Institute of Potato Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The object of the study were potato varieties of the Institute of Potato Growing of NAAS – «Skarbnitsa», «Fotinia», «Zhytnytsia», and «Mysteriya».

The results of the conducted studies revealed the reliability of differences in the studied parameters, both between different genotypes and different concentrations of sucrose and vitamins in the nutrient medium. The height of regenerated plants during *in vitro* cultivation was directly dependent on the composition of the culture medium. A positive effect of a nutrient medium with high sucrose content and added vitamins on plant growth was revealed, which con-

tributed to obtaining well-developed plants. In particular, the conducted studies have established that more active plant growth was observed on a nutrient medium with an increased content of sucrose up to 4 % and vitamins – 2 mg/l. The height of plants of all studied varieties increased by 7–12.8 % compared to the control, the number of internodes also increased. The analysis of the structure of the minitubers yield showed that the best in terms of the number of tubers per plant – 7.6–9.4 pcs. were «Zhytnytsia» and «Mysteriya» varieties, and the weight of tubers per bush was dominated by «Skarbnitsa» variety – up to 200.9 g. Thus, as a result of the conducted research, the influence of various factors on the growth and development of potato plants *in vitro* from cuttings planted on different nutrient mediums was studied. It was found that the growth rate of cuttings depends on illumination, photoperiod and composition of the nutrient medium. The optimal ratio of all indicators and nutritional elements contributed to an increase in plant height, the number of internodes and better development of the root system.

Key words: *in vitro* plants, agar medium, mini-potatoes, potatoes, macronutrients, sucrose.



Copyright: Купріянова Т.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:

Купріянова Т.М.

<https://orcid.org/0000-0002-1039-9348>



АГРОНОМІЯ

УДК 631.532.3/.559:519.233.5:633.111"324"

Елементи структури урожайності та їх кореляційні взаємозв'язки у популяцій пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) озимої

Лозінський М.В. , Зінченко С.В. , Юрченко А.І. ,
Устинова Г.Л. , Самойлик М.О. , Філіцька О.О. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Устинова Г.Л. E-mail: ustynovaGL@ukr.net



Лозінський М.В., Зінченко С.В., Юрченко А.І., Устинова Г.Л., Самойлик М.О., Філіцька О.О. Елементи структури урожайності та їх кореляційні взаємозв'язки у популяцій пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) озимої. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 112–121.

Lozinskyi M., Zinchenko S., Yurchenko A., Ustynova H., Samoilik M., Filitska O. Elements of yield structure and their correlation relationships in populations of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 112–121.

Рукопис отримано: 17.03.2025 р.

Прийнято: 01.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-112-121

У 2022–2024 рр. в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ досліджували популяції пшениці м'якої озимої другого-четвертого покоління, створені за гібридизації західноєвропейського екотипу з лісостеповим екотипом: Варвік/Царівна, Варвік/Либідь, Богемія/Либідь, Вебстер/Царівна; лісостепового екотипу з лісостеповим: Колос Миронівщини/Царівна, Мирлена/Царівна, Мирлена/Либідь; степового екотипу з лісостеповим: Дріада 1/Перлина лісостепу, Служниця одеська/Царівна, Служниця одеська/Либідь.

Метою досліджень було вивчення формування елементів продуктивності у гібридних популяцій пшениці м'якої озимої та визначення кореляційних взаємозв'язків між ними.

Виявлено різної сили і напрямку кореляційний взаємозв'язок між елементами продуктивності у досліджуваних популяцій. У F_2 встановлено пряму сильну взаємозалежність ($r = 0,745$) між кількістю зерен у головному колосі і їх масою, значну ($r = 0,666$) – масою зерна з колоса із масою 1000 зерен, ($r = 0,643$) – кількістю колосків з кількістю зерен колоса. Помірний взаємозв'язок відмітили між продуктивною кущистістю і кількістю зерен колоса – $r = 0,439$ та їх масою – $r = 0,470$, довжини головного колоса із масою 1000 зерен – $0,445$. У F_3 визначили пряму сильну взаємозалежність між кількістю зерен колоса і їх масою ($r = 0,848$) і значну ($r = 0,642$) – масою зерна колоса із масою 1000 зерен. Помірну взаємозалежність встановили між довжиною головного колоса і кількістю колосків у колосі – $r = 0,403$, кількістю колосків із масою зерна ($r = 0,425$) та масою 1000 зерен колоса $r = 0,478$. Встановили сильний прямий взаємозв'язок у популяцій F_4 між кількістю зерен колоса і їх масою – $r = 0,887$ та масою зерна колоса із масою 1000 зерен колоса – $r = 0,794$. Помірну пряму взаємозалежність визначили між кількістю колосків у колосі і кількістю зерен колоса ($r = 0,477$) і їх масою ($r = 0,403$) та довжиною колоса і кількістю зерен колоса із масою 1000 зерен ($r = 0,300$; $r = 0,426$ відповідно).

Визначений прямий сильний кореляційний взаємозв'язок ($r = 0,745$ – $0,887$) у популяціях F_{2-4} між кількістю зерен головного колоса і масою зерна колоса та значний і сильний ($r = 0,666$ – F_2 ; $r = 0,642$ – F_3 ; $r = 0,794$ – F_4) – масою зерна колоса із масою 1000 зерен колоса підвищує ефективність добору і сприяє виділенню селекційно цінних рекомбінантів.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, продуктивна кущистість, довжина колоса, кількість колосків, кількість зерен, маса зерна, маса 1000 зерен, кореляційна взаємозалежність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.) озима є стратегічною культурою в зерновому виробництві України, про що свідчать її щорічні посівні площі, близько 4,5 млн га, та водночас має важливе народногосподарське значення [1] з валовими зборами зерна у світі понад 800 млн т [2].

У стабілізації та підвищенні продуктивності агроценозів пшениці м'якої озимої важливе значення мають сортові ресурси з високим адаптивним потенціалом та екологічною пластичністю. Ефективність селекційного процесу пшениці м'якої озимої і створення перспективних сортів залежить від постійного надходження нового вихідного матеріалу. Тому, пошук та залучення до гібридизації нових зразків культури є невід'ємною частиною практичної селекційної роботи [3, 4].

Згідно з результатами численних досліджень, максимальна реалізація генетичного потенціалу врожайності пшениці досягається за впровадження у виробництво сортів, що поєднують високу продуктивність, адаптивність до різних агроєкологічних умов, генетичну стабільність, стійкість до хвороб та високі хлібопекарські якості [5, 6]. Тому поліпшення сортів має базуватися на аналізі генотип-середовищної взаємодії, що забезпечить формування високопродуктивних посівів [7, 8].

У сучасних умовах глобальні кліматичні зміни суттєво впливають на сільське господарство як в Україні, так і світовому масштабі [9–11]. Підвищення температури, нерівномірний розподіл опадів, поширення шкідників і хвороб – все це потребує негайних та ефективних заходів адаптації у створенні стійкого селекційного матеріалу до несприятливих умов навколишнього середовища [12–14].

Динаміка кліматичних змін спричиняє трансформацію фенологічних характеристик пшениці, змінюючи терміни сівби, тривалість вегетації та дозрівання, що в результаті впливає на продуктивність рослин і показники якості зерна [15].

Використання світового генофонду пшениці для селекції нових сортів потребує ретельного аналізу та оцінки генетичних джерел. Недостатньо мати велику кількість сортів і селекційних форм, важливо, щоб вони були генетично різноманітними, адже чим менше спорідненості між ними, тим ширший спектр корисних ознак можна отримати у результаті рекомбіногенезу за вдалого підбору батьківських пар для схрещування. Крім того, ці джерела має стабільно відтворювати

високий рівень цінних господарських ознак, таких як врожайність та якість зерна, за різних метрологічних умов. Важливо також враховувати їхню здатність передавати ці ознаки потомству, тобто донорські властивості. Ідеальним варіантом є генотип, який поєднує у собі декілька бажаних характеристик, наприклад, стійкість до посухи та високу врожайність. Оскільки ефективність використання генетичних джерел залежить від багатьох чинників, тому оцінка їх потенціалу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є критично важливою для успішної селекції [16, 17].

Селекція, спрямована на підвищення врожайності, займає центральне місце в сучасній аграрній науці. Це обумовлено тим, що продуктивність сорту – є результатом складної взаємодії між генетичним потенціалом рослини та впливом зовнішніх чинників. Інакше кажучи, навіть найдосконаліший генотип не зможе повністю реалізувати свій потенціал у несприятливих умовах, і навпаки, покращення умов вирощування не сприятиме отриманню бажаного результату, якщо генетично сорт не має високої продуктивності [18–20].

У селекційній роботі зі створення високопродуктивних, стабільних та адаптивних генотипів важливо визначити кореляційні взаємозв'язки між елементами продуктивності в конкретних екологічних нішах. Водночас, оцінка реакції селекційних форм на зміни середовища дозволяє встановити їх адаптивність та стабільність, оскільки основною метою селекції зернових культур є підвищення адаптивного потенціалу за збереження продуктивності [20].

Генетично обумовлений прояв господарсько цінних ознак залежить від поєднання умов росту та розвитку, за їх формування, настання і тривалості окремих фаз онтогенезу [21].

Продуктивність пшениці – інтегрована комплексна ознака, яка залежить від продуктивної кущистості, довжини колоса, кількості колосків у колосі, кількості зерен та маси зерна колоса і рослини. Розуміння взаємозв'язків між цими компонентами має вирішальне значення для селекційних програм, спрямованих на підвищення врожайності і адаптивності.

Елементи продуктивності є складними полігенними ознаками, зв'язаними часто небажаними кореляційними взаємозв'язками, нехтування якими може знизити ефективність селекційної роботи.

Дослідження взаємозв'язків елементів продуктивності пшениці висвітлено у багатьох роботах науковців [15, 19, 22–24], зокрема детально описано кореляційну взаємозалежність між елементами продуктивності головного колоса у F_1 і F_2 пшениці м'якої озимої, отриманих від схрещування різних екотипів [22]. Встановлено суттєву пряму залежність урожайності зерна пшениці м'якої озимої від кількості продуктивних стебел, довжини колоса, загальної біомаси, маси 1000 зерен [15, 24], маси колоса, кількості зерен у колосі, кількості колосків [24].

Метою досліджень було вивчення формування елементів продуктивності у популяції другого-четвертого покоління пшениці м'якої озимої та визначення кореляційних взаємозв'язків між ними.

Матеріал і методи дослідження. У 2022–2024 рр. в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ досліджували елементи продуктивності популяції F_{2-4} пшениці м'якої озимої: Варвік/Царівна, Варвік/Либідь, Богемія/Либідь, Вебстер/Царівна, Колос Миронівщини/Царівна, Мирлена/Царівна, Мирлена/Либідь, Дріада 1/Перлина лісостепу, Служниця одеська/Царівна, Служниця одеська/Либідь.

Закладання дослідів відбувалося згідно із загальноприйнятими методиками [25]. Попередником, у роки досліджень, була гірчиця на зерно. Агротехнічні заходи були загальноприйнятими для вирощування пшениці озимої в Лісостепу України.

Потомство популяцій, які вивчали, аналізували за середнім зразком – 200 рослин. Під час визначення кореляційного взаємозв'язку між досліджуваними ознаками, використовували запропоновану Ю. Л. Гужовим (1987) шкалу: $r < 0,3$ – зв'язок між ознаками слабкий; $0,3 < r < 0,5$ – помірний; $0,5 < r < 0,7$ – значний; $0,7 < r < 0,9$ – сильний; $r > 0,9$ – дуже сильний, близький до функціонального.

Результати дослідження та обговорення. У популяції другого покоління встановили продуктивну кущистість у межах 3,0 шт. стебел/рослину (Варвік/Либідь) – 4,1 шт. стебел/рослину – Мирлена/Царівна; довжину колоса 8,5 см (Служниця одеська/Царівна, Служниця одеська/Либідь) – 10,6 см (Богемія/Либідь); кількість колосків колоса 18,4 шт. (Варвік/Либідь) – 21,4 шт. (Служниця одеська/Царівна); кількість зерен колоса 40,9 шт. (Варвік/Либідь) – 64,9 шт. (Служниця одеська/Царівна); масу зерна колоса – 1,39 г (Варвік/Либідь) – 2,63 г (Дріада 1/Перлина лісостепу); масу 1000 зерен колоса 33,8 г (Колос Миронівщини/Царівна) – 41,8 г (Мирлена/Либідь) (табл. 1).

За даними авторів [26], суттєві фенотипові кореляційні зв'язки у популяціях другого та третього поколінь між елементами продуктивності рослин підвищують ефективність добору цінних генотипів пшениці м'якої озимої.

У популяції F_2 виявлено різної сили і напрямку кореляційний взаємозв'язок між елементами продуктивності. Для зручності аналізу сили зв'язку між ознаками побудували точкову діаграму (рис. 1).

Таблиця 1 – Середні показники елементів продуктивності популяцій F_2 пшениці м'якої озимої (2022 р.)

Популяція	Продуктивна кущистість, шт.	Головний колос				
		довжина, см	кількість колосків, шт.	кількість зерен, шт.	маса зерна, г	маса 1000 зерен, г
Варвік/Царівна	3,7	9,4	20,3	59,4	2,06	34,7
Варвік/Либідь	3,0	9,2	18,4	40,9	1,39	34,0
Богемія/Либідь	3,3	10,6	20,8	51,4	2,22	43,2
Вебстер/Царівна	3,4	9,5	19,7	55,0	1,83	33,3
Колос Миронівщини/Царівна	3,5	8,9	20,1	53,8	1,82	33,8
Мирлена/Царівна	4,1	8,6	19,0	49,4	2,07	42,0
Мирлена/Либідь	3,5	9,8	20,5	49,8	2,09	41,8
Дріада 1/Перлина лісостепу	3,6	9,6	19,7	61,0	2,63	43,2
Служниця одеська/Царівна	3,7	8,5	21,4	64,9	2,35	36,2
Служниця одеська/Либідь	3,8	8,5	20,8	53,3	1,94	36,0
$\bar{x}^*$	3,6	9,3	20,1	53,9	2,04	37,8
Лісова пісня (St)	2,2	8,6	19,1	51,6	1,62	31,4

Примітка: * – середній показник досліджуваних популяцій.

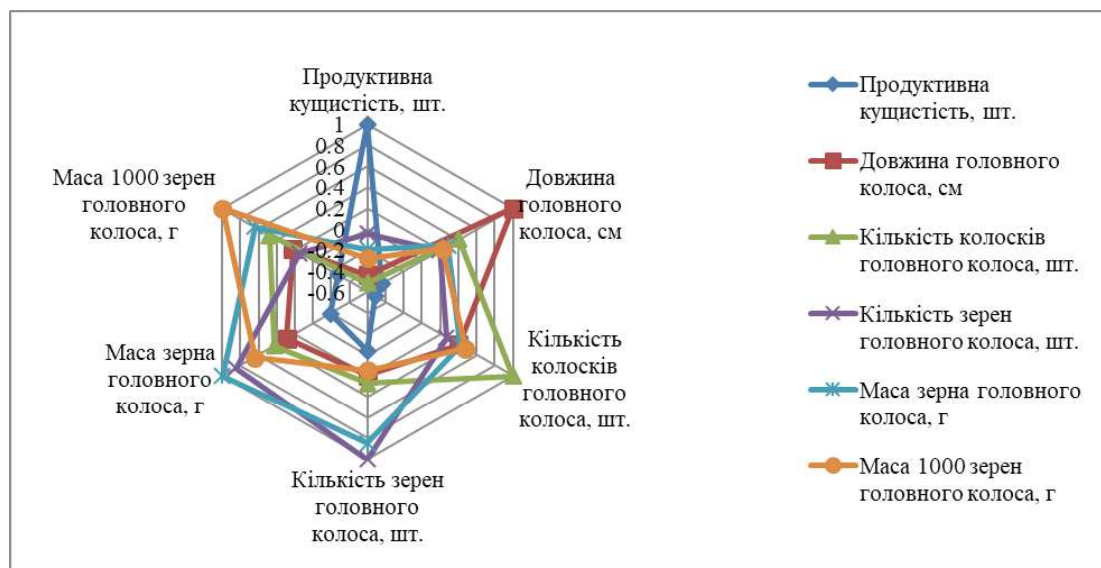


Рис. 1. Взаємозв'язки між елементами продуктивності у популяції F₂ (2022 р.).

Зокрема, визначили пряму сильну взаємозалежність ($r = 0,745$) між кількістю зерен у головному колосі і їх масою, значну ($r = 0,666$) – масою зерна з колоса із масою 1000 зерен, ($r = 0,643$) – кількістю колосків з кількістю зерен колоса. Помірний взаємозв'язок відмітили між продуктивною кущистістю і кількістю зерен із колоса – $r = 0,439$ та їх масою – $r = 0,470$, довжиною головного колоса із масою 1000 зерен – $0,445$ (табл. 2).

Досліджено в популяції третього покоління: продуктивну кущистість від 1,8 шт. стебел/рослину (Мирлена/Либідь) – 3,9 шт. стебел/рослину (Богемія/Либідь *erythrospermum*); довжину колоса 7,4 см (Варвік/Царівна *erythrospermum*) – 9,8 см (Мирлена/Либідь); кількість колосків колоса 16,9 шт. (Колос Миронівщини/Царівна) – 20,4 шт. (Варвік/Либідь); кількість зерен із колоса 40,3 шт. (Мирлена/Царівна) – 57,8 шт. (Служ-

ниця одеська/Либідь); масу зерна колоса 1,65 г (Колос Миронівщини/Царівна) – 2,81 г (Богемія/Либідь *lutescens*); масу 1000 зерен колоса 41,4 г (Колос Миронівщини/Царівна) – 56,4 г (Богемія/Либідь *lutescens*) (табл. 3).

Кореляційні взаємозв'язки між елементами продуктивності у популяції третього покоління подано на точковій діаграмі. Встановлено як пряму так і зворотну взаємозалежність між досліджуваними показниками (рис. 2).

Визначили пряму сильну взаємозалежність між кількістю зерен колоса і їх масою ($r = 0,848$) і значну ($r = 0,642$) – масою зерна колоса із масою 1000 зерен. Помірний прямий взаємозв'язок встановили між довжиною головного колоса і кількістю колосків у колосі – $r = 0,403$, кількістю колосків із масою зерна ($r = 0,425$) та масою 1000 зерен колоса $r = 0,478$ (табл. 4).

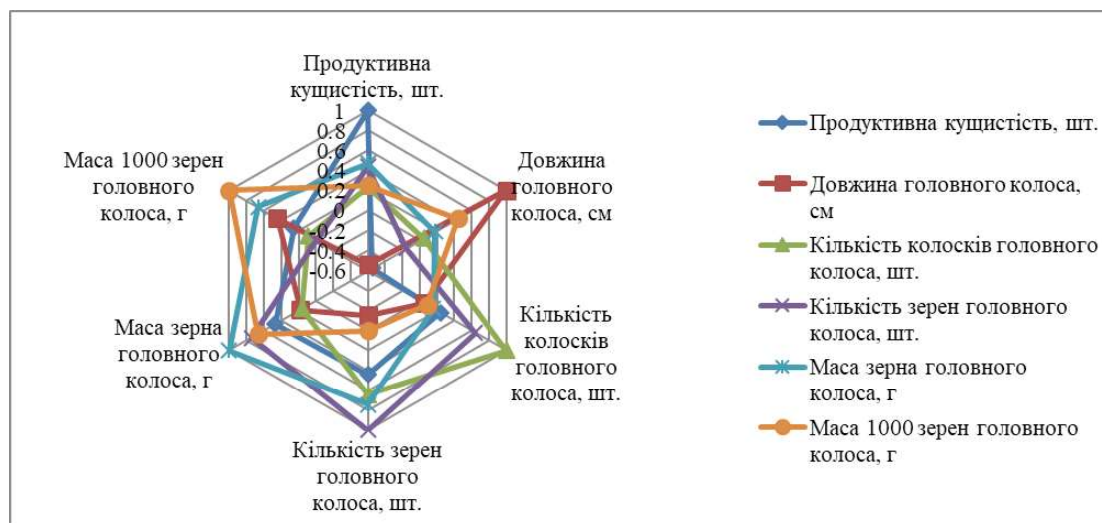
Таблиця 2 – Кореляційні взаємозв'язки елементів продуктивності у популяції F₂ пшениці м'якої (2022 р.)

Елемент продуктивності	Продуктивна кущистість	Головний колос				
		довжина	кількість колосків	кількість зерен	маса зерна	маса 1000 зерен
Продуктивна кущистість	1,000	-0,544	0,239	0,439	0,470	0,252
Довжина колоса	-0,544	1,000	0,048	-0,153	0,179	0,445
Кількість колосків колоса	0,239	0,048	1,000	0,643	0,159	0,086
Кількість зерен колоса	0,439	-0,153	0,643	1,000	0,745	0,003
Маса зерна колоса	0,470	0,179	0,159	0,745	1,000	0,666
Маса 1000 зерен колоса	0,252	0,445	0,086	0,003	0,666	1,000

Таблиця 3 – Середні показники елементів продуктивності популяцій F₃ пшениці м'якої озимої (2023 р.)

Популяція	Продуктивна кущистість, шт.	Головний колос				
		довжина, см	кількість колосків, шт.	кількість зерен, шт.	маса зерна, г	маса 1000 зерен, г
Варвік/Царівна (<i>lut.</i>)	2,7	8,6	20,3	45,2	2,21	48,8
Варвік/Царівна (<i>er.</i>)	2,9	7,4	18,6	46,2	2,27	49,6
Варвік/Либідь	2,6	9,6	20,4	41,8	2,16	51,7
Богемія/Либідь (<i>lut.</i>)	3,0	8,7	19,5	49,8	2,81	56,4
Богемія/Либідь (<i>er.</i>)	3,9	8,7	18,8	49,0	2,57	52,6
Вебстер/Царівна	3,4	9,2	18,8	48,1	2,53	52,8
Колос Миронівщини/Царівна	3,3	8,7	16,9	39,2	1,65	41,1
Мирлена/Царівна	3,7	8,3	19,7	40,3	1,99	49,4
Мирлена/Либідь	1,8	9,8	20,3	50,2	2,75	54,8
Дріада 1/Перлина лісостепу (<i>lut.</i>)	2,9	8,5	19,9	49,9	2,51	50,3
Дріада 1/Перлина лісостепу (<i>er.</i>)	2,7	9,4	19,7	49,5	2,46	49,7
Служниця одеська/Царівна	3,5	8,7	18,7	56,7	2,70	47,6
Служниця одеська/Либідь	3,1	9,2	20,3	57,8	2,64	45,7
$\bar{x}^*$	3,0	8,8	19,4	48,0	2,40	50,0
Лісова пісня (St)	3,1	7,9	19,7	34,9	1,73	49,6

Примітка: * – середній показник досліджуваних популяцій.

Рис. 2. Взаємозв'язки між елементами продуктивності у популяцій F₃ (2023 р.).

У популяцій четвертого покоління дослідили продуктивну кущистість від 2,0 шт. стебел/рослину (Богемія/Либідь *erythrospertum*), Мирлена/Либідь, Служниця одеська/Царівна, Служниця одеська/Либідь) до 2,9 шт. стебел/рослину (Дріада 1/Перлина лісостепу *lutescens*); довжину колоса 6,8 см (Служниця одеська/Царівна) – 8,7 см (Варвік/Царівна *lutescens*); кількість колосків 15,4 шт. (Колос Миронівщини/Царівна та Мирлена/Либідь)

– 17,8 шт. (Варвік/Царівна *erythrospertum*); кількість зерен колоса 37,4 шт. (Служниця одеська/Царівна) – 51,5 шт. (Служниця одеська/Либідь); масу зерна колоса 1,46 г (Варвік/Либідь) – 2,36 г (Богемія/Либідь *lutescens*); масу 1000 зерен колоса 38,4 г (Варвік/Либідь) – 52,9 г (Богемія/Либідь *lutescens*) (табл. 5).

Взаємозалежність між елементами продуктивності у популяцій четвертого покоління схематично відображено на рисунку 3.

Таблиця 4 – Кореляційні взаємозв'язки елементів продуктивності у популяції F₃ пшениці м'якої (2023 р.)

Елементи продуктивності	Продуктивна кущистість	Головний колос				
		довжина	кількість колосків	кількість зерен	маса зерна	маса 1000 зерен
Продуктивна кущистість	1,000	-0,440	-0,515	-0,042	-0,190	-0,280
Довжина колоса	-0,440	1,000	0,403	0,196	0,287	0,223
Кількість колосків колоса	-0,515	0,403	1,000	0,270	0,425	0,478
Кількість зерен колоса	-0,042	0,196	0,270	1,000	0,848	0,146
Маса зерна колоса	-0,190	0,287	0,425	0,848	1,000	0,642
Маса 1000 зерен колоса	-0,280	0,223	0,478	0,146	0,642	1,000

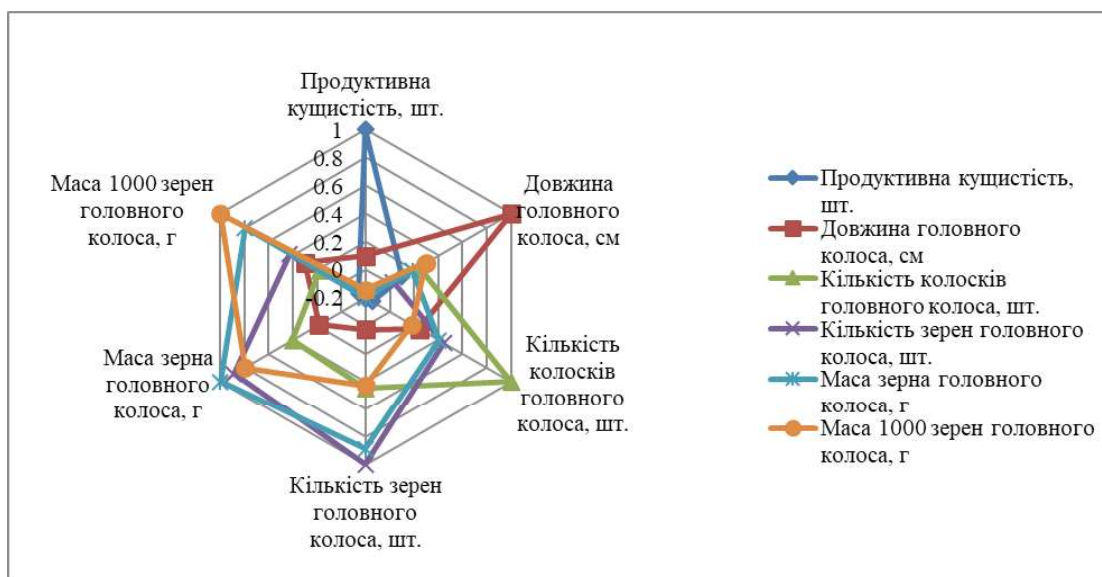
Таблиця 5 – Середні показники елементів продуктивності популяцій F₄ пшениці м'якої озимої (2024 р.)

Популяція	Продуктивна кущистість, шт.	Головний колос				
		довжина, см	кількість колосків, шт.	кількість зерен, шт.	маса зерна, г	маса 1000 зерен, г
Варвік/Царівна (<i>lut.</i>)	2,1	8,7	17,6	43,4	2,07	47,7
Варвік/Царівна (<i>er.</i>)	2,3	7,8	17,8	46,8	2,24	47,9
Варвік/Либідь	2,3	8,0	16,8	38,0	1,46	38,4
Богемія/Либідь (<i>lut.</i>)	2,3	8,1	16,7	44,2	2,36	52,9
Богемія/Либідь (<i>er.</i>)	2,0	7,4	17,1	38,1	1,80	47,2
Вебстер/Царівна	2,1	7,9	16,4	42,2	1,84	43,6
Колос Миронівщини/Царівна	2,4	7,0	15,4	39,0	1,74	44,9
Мирлена/Царівна	2,1	8,2	16,8	42,5	2,04	47,8
Мирлена/Либідь	2,0	7,4	15,4	40,3	1,82	45,2
Дріада 1/Перлина лісостепу (<i>lut.</i>)	2,9	7,8	16,4	37,8	1,65	43,6
Дріада 1/Перлина лісостепу (<i>er.</i>)	2,7	7,4	16,8	44,9	2,00	44,5
Дріада 1/Перлина лісостепу (<i>er.</i> 1)	2,7	7,7	17,1	39,1	1,76	45,0
Служниця одеська/Царівна	2,0	6,8	17,1	37,4	1,59	42,5
Служниця одеська/Либідь	2,0	6,9	17,5	51,5	2,34	45,4
$\bar{x}^*$	2,3	7,7	16,8	41,8	1,91	45,5
Лісова пісня (St)	2,1	7,3	17,2	39,6	1,64	41,4

Примітка: * – середній показник досліджуваних популяцій.

Встановили сильний прямий взаємозв'язок у популяції F₄ між кількістю зерен головного колоса і їх масою – $r = 0,887$, і масою зерна колоса із масою 1000 зерен колоса – $r = 0,794$. Помірну пряму взаємозалежність

визначили між кількістю колосків у колосі ($r = 0,477$) і кількістю зерен колоса та їх масою ($r = 0,403$), довжиною колоса і кількістю зерен колоса із масою 1000 зерен ($r = 0,300$; $r = 0,426$ відповідно) (табл. 6).

Рис. 3. Взаємозв'язки між елементами продуктивності у популяції F_4 (2024 р.).Таблиця 6 – Кореляційні взаємозв'язки елементів продуктивності у популяції F_4 пшениці м'якої (2024 р.)

Елемент продуктивності	Продуктивна кушистість	Головний колос				
		довжина	кількість колосків	кількість зерен	маса зерна	маса 1000 зерен
Продуктивна кушистість	1,000	0,098	-0,144	-0,194	-0,199	-0,142
Довжина колоса	0,098	1,000	0,242	0,026	0,185	0,300
Кількість колосків колоса	-0,144	0,242	1,000	0,447	0,403	0,182
Кількість зерен колоса	-0,194	0,026	0,447	1,000	0,887	0,426
Маса зерна колоса	-0,199	0,185	0,403	0,887	1,000	0,794
Маса 1000 зерен колоса	-0,142	0,300	0,182	0,426	0,794	1,000

Висновки. У популяціях F_{2-4} визначено прямий сильний кореляційний взаємозв'язок ($r = 0,745-0,887$) між кількістю зерен головного колоса і масою зерна колоса та значний і сильний ($r = 0,666 - F_2$; $r = 0,642 - F_3$; $r = 0,794 - F_4$) – масою зерна колоса із масою 1000 зерен колоса, що необхідно враховувати для

добору господарсько цінних рекомбінантів на ранніх етапах селекційного процесу.

Перспективи. Виділені у результаті добору у гібридних популяцій рекомбінанти будуть досліджувати у наступних генераціях для створення адаптованого вихідного матеріалу до умов Лісостепу України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Статистичний щорічник України. Statistical Yearbook of Ukraine. 2023. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_23_u.pdf
2. World Agricultural Supply and Demand Estimates: USDA. URL: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0225.pdf>
3. Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості формування елементів структури врожайності в сортів пшениці м'якої озимої різних екотипів в умовах Центрального Лісостепу України. Аграрні інновації. 2023. № 19. С. 159–167.
4. Вплив генотипу і умов року на показник ступеня фенотипового домінування загальної кушистості за внутрішньовидової гібридизації пшениці (*Triticum aestivum* L.) озимої / Г.Л. Устинова та ін. Агробіологія. 2024. № 2. С. 174–184.
5. Egamov I.U., Siddikov R.I., Rakhimov T.A., Yusupov N.K. Creation of highyielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. International journal of modern agriculture. 2021. Vol. 10(2). P. 2491–2506.
6. Rysin A.L., Volohdina H.B. Variability of yield components in winter wheat varieties and breeding lines under environment of Ukrainian Forest–Steppe. The Scientific Journal Grain Crops. 2023. No 7(1). P. 43–54.

7. Estimation of heterosis and combining abilities of U.S. winter wheat germplasm for hybrid development in Texas / A. Adhikari et al. *Crop science*. 2020. No 60(2). P. 788–803.
8. Bondareva O., Vashchenko V. Selection of grains in conditions of unstable humidification of the north-eastern steppe of Ukraine. Publishing House "Baltija Publishing". 2021. P. 130–152.
9. Features of climate change on Ukraine: scenarios, consequences for nature and agroecosystems / S. Boychenko et al. *Proceedings of the National Aviation University*. 2016. No 4(69). P. 96–113.
10. Plausible changes in wheat-growing periods and grain yield in China triggered by future climate change under multiple scenarios and periods / Y. Liu et al. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2021. Vol. 147. Issue 741. P. 4371–4387.
11. Winter wheat (*T. aestivum* L.) yield depending on the duration of autumn vegetation and the terms of spring vegetation recovery: 50-years study in Ukraine / M. Lozinskyi et al. *Scientific Papers. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI. No 1. P. 406–415.
12. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю, та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу / М.І. Штакал та ін. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 3(828). С. 62–69.
13. Genetic dissection of heat-responsive physiological traits to improve adaptation and increase yield potential in soft winter wheat / S. Pradhan et al. *BMC Genomics*. 2020. No 21. P. 1–15.
14. Лифенко С.П., Наконечний М.Ю., Нарган Т.П. Особливості селекції сортів пшениці м'якої озимої степового екотипу у зв'язку зі змінами клімату в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3 (816). С. 53–62.
15. Makebe A., Shimelis H., Mashilo J. Selection of M_5 mutant lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) for agronomic traits and biomass allocation under drought stress and non-stressed conditions. *Frontiers in Plant Science*. 2024. No 15.
16. Селекційна цінність нових сортів озимої пшениці сербської селекції за параметрами адаптивності врожайності зерна при різних умовах вирощування / В.В. Базалій та ін. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2010. Т. 8. С. 94–98.
17. Особливості формування ознак продуктивності і урожайності у сортів пшениці озимої за різних умов вирощування / В. Базалій та ін. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. № 27. С. 29–34.
18. Лозінський М.В., Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінська Т.П. Адаптивність селекційних номерів пшениці м'якої озимої за довжиною другого зверху міжвузля. Основні малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння: матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. Крути, 2021. С. 48–62.
19. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В. Зернова продуктивність ліній пшениці м'якої озимої, отриманих від схрещування батьківських форм різного еколого-географічного походження. *Агробіологія*. 2014. № 1 (109). С. 11–16.
20. Лозінський М.В. Адаптивність селекційних номерів пшениці озимої, отриманих від схрещування різних екотипів, за кількістю колосків в головному колосі. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 233–243.
21. Phenotypic responses of wheat landraces, varietal associations and modern varieties when assessed in contrasting organic farming conditions in Western Europe / E. Serpolay et al. *Organic Agriculture*. 2011. Vol. 3. P. 12–18.
22. Лозінський М.В. Кореляційні взаємозв'язки між елементами продуктивності головного колосу у гібридів F_{1-2} пшениці м'якої озимої, отриманих від схрещування різних екотипів: Міжнародна науково-практична конференція «Професор С.Л. Франкфурт (1866–1954) – видатний вчений-агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні» (до 150-річчя від дня народження). Київ, 2016. С. 77–78.
23. Chernobai Yu. O., Riabchun V. K. Formation of the spike length and spike number in the first generation hybrids of winter bread wheat. Abstract book of the International Scientific Internet Conference dedicated to the anniversaries of the births of plant scientists – Academician of the AS of UkrSSR T. D. Strakhov and Professor P. V. Kuchumov. Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS. Kharkiv, 2020. P. 106–107.
24. Sadeghi K., Pahlevani M., Esmeilzadeh Moghaddam M., Zaynali Nezhad K. Valuations of variables as selection index for improving grain yield in bread wheat. *Plant Genetic Researches*. 2022. No 8(2). P. 69–82.
25. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища школа, 1994. 334 с.
26. Achieving yield gains in wheat / M. Reynolds et al. *Plant, cell & environment*. 2012. No 35(10). P. 1799–1823.

REFERENCES

1. Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy [Statistical Yearbook of Ukraine]. 2023. Availbale at: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_23_u.pdf
2. World Agricultural Supply and Demand Estimates: USDA. Availbale at: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0225.pdf>
3. Lozinskyi, M.V., Samoilyk, M.O. (2023). Osoblyvosti formuvannya elementiv struktury vrozhaivosti v sortiv pshenytsi miakoi ozymoi riznykh ekotypiv v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of the formation of yield structure elements in soft winter wheat varieties of different ecotypes in the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]*. no. 19, pp. 159–167.
4. Ustynova, H.L., Lozinskyi, M.V., Fedoruk, Yu.V., Samoilyk, M.O., Filitska, O.O., Dubova, O.A. (2024). Vplyv henotypu i umov roku na pokaznyk stupenia fenotypovoho dominuvannya zahalnoi kushchystosti za vnutrishnovydovoi hibrydyzatsii

pshenytsi (*Triticum aestivum* L.) ozymoi [The influence of genotype and annual conditions on the degree of phenotypic dominance of total bushiness during intraspecific hybridization of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 2, pp. 174–184.

5. Egamov, I.U., Siddikov, R.I., Rakhimov, T.A., Yusupov, N.K. (2021). Creation of highyielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. *International journal of modern agriculture*. Vol. 10(2), pp. 2491–2506.

6. Rysin, A.L., Volohdina, H.B. (2023). Variability of yield components in winter wheat varieties and breeding lines under environment of Ukrainian Forest–Steppe. *The Scientific Journal Grain Crops*. no. 7(1), pp. 43–54.

7. Adhikari, A., Ibrahim, A., Jackie, C., Rudd, P., Baenziger, S., Sarazin, J. (2020). Estimation of heterosis and combining abilities of U.S. winter wheat germplasm for hybrid development in Texas. *Crop science*. no. 60(2), pp. 788–803.

8. Bondareva, O., Vashchenko, V. (2021). Selection of grains in conditions of unstable humidification of the north-eastern steppe of Ukraine. Publishing House "Baltija Publishing". pp. 130–152.

9. Boychenko, S., Voloshchuk, V., Movchan, Y., Serdjuchenko, N., Tkachenko, V., Tyshchenko, O., Savchenko, S. (2016). Features of climate change on Ukraine: scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of the National Aviation University*. no. 4(69), pp. 96–113.

10. Liu, Y., Chen, Q., Chen, J., Pan, T., Ge, Q. (2021). Plausible changes in wheat-growing periods and grain yield in China triggered by future climate change under multiple scenarios and periods. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Vol. 147, Issue 741, pp. 4371–4387.

11. Lozinskyi, M., Burdeniuk-Tarasevych, L., Grabovskiy, M., Grabovska, T., Roubik, H. (2023). Winter wheat (*T. aestivum* L.) yield depending on the duration of autumn vegetation and the terms of spring vegetation recovery: 50-years study in Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. Vol. LXVI, no. 1, pp. 406–415.

12. Shtakal, M.I., Holyk, L.M., Levchenko, O.S., Shpakovych, I.V., Ivashchenko, S.F. (2022). Otsiniuvannya sortiv i liniy pshenytsi ozymoi za stabilnoiu vrozhaunistiu, ta adaptivnistiu v umovakh zminy klimatu Lisostepu [Evaluation of winter wheat varieties and lines for stable yield and adaptability in the conditions of climate change in the Forest–Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], no. 3(828), pp. 62–69.

13. Pradhan, S., Babar, M., Bai, G., Khan, J., Shahi, D., Avci, M., Guo, J., Breen, J. (2020). Genetic dissection of heat-responsive physiological traits to improve adaptation and increase yield potential in soft winter wheat. *BMC Genomics*. no. 21, pp. 1–15.

14. Lyfenko, S.P., Nakonechnyi, M.Yu., Narhan, T.P. (2021). Osoblyvosti selektsii sortiv pshenytsi miakoi ozymoi stepovoho ekotypu u zviazku zi zminamy klimatu v umovakh Pivdnia Ukrainy [Peculiar-

ities of breeding varieties of soft winter wheat of the steppe ecotype in connection with climate changes in the conditions of the South of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 3 (816), pp. 53–62.

15. Makebe, A., Shimelis, H., Mashilo, J. (2024). Selection of M5 mutant lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) for agronomic traits and biomass allocation under drought stress and non-stressed conditions. *Frontiers in Plant Science*. no. 15.

16. Bazalii, V.V., Babenko, S.M., Lavrynenko, Yu.O., Plotkin, S.Ya., Boichuk, I.V. (2010). Seleksiina tsinnist novykh sortiv ozymoi pshenytsi serbskoi selektsii za parametramy adaptivnosti vrozhaivosti zerna pry riznykh umovakh vyroshchuvannya [Selection value of new varieties of winter wheat of Serbian selection according to the parameters of grain yield adaptability under different growing conditions]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv* [Factors of experimental evolution of organisms]. Vol. 8, pp. 94–98.

17. Bazalii, V., Boichuk, I., Lavrynenko, Yu., Bazalii, H., Domaratskyi, Ye., Larchenko, O. (2020). Osoblyvosti formuvannya oznak produktyvnosti i urozhaivosti u sortiv pshenytsi ozymoi za riznykh umov vyroshchuvannya [Features of the formation of productivity and yield traits in winter wheat varieties under different growing conditions]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv* [Factors of experimental evolution of organisms]. no. 27, pp. 29–34.

18. Lozinskyi, M.V., Burdeniuk-Tarasevych, L.A., Lozinska, T.P. (2021). Adaptivnist selektsiinykh nomeriv pshenytsi miakoi ozymoi za dovezhynoiu druhozho zverkhui mizhvuzlia [Adaptability of breeding numbers of soft winter wheat by the length of the second internode from above]. *Osnovni maloposhyreni i netradytsiini vydy roslyn – vid vyvchennia do osvoinnia: materialy V mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [The main rare and non-traditional plant species – from study to development: materials of the V int. sav. s.-prakt. conf.]. *Kruty*, pp. 48–62.

19. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., Lozinskyi, M.V. (2014). Zernova produktyvnist liniy pshenytsi miakoi ozymoi, otrymanykh vid skhreshchuvannya batkivskykh form riznoho ekoloheohrafichnoho pokhodzhennia [Grain productivity of soft winter wheat lines obtained from crossing parental forms of different ecological and geographical origin]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 1 (109), pp. 11–16.

20. Lozinskyi, M.V. (2018). Adaptivnist selektsiinykh nomeriv pshenytsi ozymoi, otrymanykh vid skhreshchuvannya riznykh ekotypiv, za kilkistiu koloskiv v holovnomu kolosi [Adaptability of selection numbers of winter wheat obtained from crossing different ecotypes by the number of spikelets in the main spike]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 1, pp. 233–243.

21. Serpolay, E., Dawson, J.C., Chable, V., Lammerts, Van Bueren E., Osman, A., Pino, S., Silveri, D., Goldringer, I. (2011). Phenotypic responses of wheat landraces, varietal associations and modern varieties when assessed in contrasting organic farming conditions in Western Europe. *Organic Agriculture*. Vol. 3, pp. 12–18.

22. Lozinskyi, M.V. (2016). Koreliatsiini vzaiemozviazky mizh elementamy produktyvnosti holovnoho kolosu u hibrydiv F_{1-2} pshenytsi miakoi ozymoi, otrymanykh vid skhreshchuvannia riznykh ekotypiv: Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia «Profesor S.L. Frankfurt (1866–1954) – vydatnyi vchenyi-ahrobioloh, odyi iz diievykh orhanizatoriv akademichnoi nauky v Ukraini» (do 150-richchia vid dnia narodzhennia) [Correlations between the elements of the main ear productivity in F_{1-2} hybrids of soft winter wheat obtained from crossing different ecotypes: International scientific and practical conference "Professor S.L. Frankfurt (1866–1954) – an outstanding scientist-agrobiologist, one of the effective organizers of academic science in Ukraine" (to the 150th anniversary of his birth)]. Kyiv, pp. 77–78.

23. Chernobai, Yu.O., Riabchun, V.K. (2020). Formation of the spike length and spike number in the first generation hybrids of winter bread wheat. Abstract book of the International Scientific Internet Conference dedicated to the anniversaries of the births of plant scientists – Academician of the AS of UkrSSR T.D. Strakhov and Professor P.V. Kuchumov. Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS. Kharkiv, pp. 106–107.

24. Sadeghi, K., Pahlevani, M., Moghaddam, M., Nezhad, Z. (2022). Valuations of Variables as Selection Index for Improving Grain Yield in Bread Wheat. Plant Genetic Researches. DOI: 10.52547/pgr.8.2.6.

25. Moiseichenko, V.F., Yeshenko, V.O. (1994). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of Scientific Research in Agronomy]. Kyiv, Higher School, 334 p.

26. Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Slafer, G. (2012). Achieving yield gains in wheat. Plant, cell & environment. no. 35(10), pp. 1799–1823.

Elements of yield structure and their correlation relationships in populations of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Lozinskyi M., Zinchenko S., Yurchenko A., Ustynova H., Samoilyk M., Filitska O.

In 2022–2024, in the experimental field of the educational and production center of Bila Tserkva National University soft winter wheat populations of the second-fourth generation were studied, created by hybridization of the Western European ecotype with the forest-steppe ecotype: «Varvik»/«Tsarivna», «Varvik»/«Lybid», «Bohemia»/«Lybid», «Vebster»/«Tsarivna»; forest-steppe ecotype with forest-steppe: «Kolos

Myronivshchyn»/«Tsarivna», «Myrlena»/«Tsarivna», «Myrlena»/«Lybid»; steppe ecotype with forest-steppe: «Driada 1»/«Perlyna lisostepu», «Sluzhnytsia odeska»/«Tsarivna», «Sluzhnytsia odeska»/«Lybid».

The aim of research was to study the formation of productivity elements in hybrid soft winter wheat populations and determine the correlation relationships between them.

Correlations of varying strengths and directions between the productivity elements in the studied populations were found. In F_2 , a direct strong interdependence ($r = 0.745$) was established between the number of grains in the main spike and their mass, a significant ($r = 0.666$) – the mass of grains from an ear with a mass of 1000 grains, ($r = 0.643$) – the number of spikelet's and the number of grains in the ear. A moderate relationship was noted between productive bushiness and the number of grains from the ear – $r = 0.439$ and their mass – $r = 0.470$, the length of the main spike with a mass of 1000 grains – 0.445. In F_3 , a strong direct correlation was found between the number of grains in the ear and their mass ($r = 0.848$) and a significant ($r = 0.642$) mass of grain in the ear with a mass of 1000 grains. A moderate correlation was found between the length of the main ear and the number of spikelet's in the ear – $r = 0.403$, the number of spikelet's with the mass of grain ($r = 0.425$) and the mass of 1000 grains in the ear – $r = 0.478$. A strong direct correlation was found in the F_4 populations between the number of grains in the ear and their mass – $r = 0.887$ and the mass of grain in the ear with the mass of 1000 grains in the ear – $r = 0.794$. A moderate direct correlation was determined between the number of spikelet's in the ear with the number of grains in the ear ($r = 0.477$) and their mass ($r = 0.403$) and the length of the ear and the number of grains in the ear with the mass of 1000 grains ($r = 0.300$; $r = 0.426$, respectively).

In populations F_{2-4} , a direct strong correlation relationship ($r = 0.745$ – 0.887) was determined between the number of grains in the main ear and the mass of grain in the ear and a significant and strong correlation relationship ($r = 0.666$ – F_2 ; $r = 0.642$ – F_3 ; $r = 0.794$ – F_4) between the mass of grain in the ear with the mass of 1000 grains in the ear, that increases the efficiency of selection and contributes to isolation of breeding valuable recombinants.

Key words: soft winter wheat, productive bushiness, ear length, number of ears, number of grains, grain weight, weight of 1000 grains, correlation interdependence.



Copyright: Лозінський 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:

Лозінський М.В.
Зінченко С.В.
Юрченко А.І.
Устинова Г.Л.
Самойлик М.О.
Філіцька О.О.

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>
<https://orcid.org/0000-0002-5871-9718>
<https://orcid.org/0009-0009-5915-2053>
<https://orcid.org/0000-0002-3056-358X>
<https://orcid.org/0000-0001-8576-5368>
<https://orcid.org/0000-0003-1544-0845>



АГРОНОМІЯ

УДК 575.827.633.11

Вплив норми висіву на формування продуктивності та якості насіння пшениці озимоїПоліщук В.В. , Притула Ю.М. 

Уманський національний університет



Поліщук В.В. E-mail: valentyn7613@gmail.com



Поліщук В.В., Притула Ю.М. Вплив норми висіву на формування продуктивності та якості насіння пшениці озимої. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 122–129.

Polishchuk V., Prytula Y. Influence of seedling rate on the formation of productivity and quality of winter wheat seeds. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 122–129.

Рукопис отримано: 18.03.2025 р.

Прийнято: 02.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-122-129

Величина врожаю пшениці озимої визначається комплексом елементів продуктивності, які змінюються як під впливом ґрунтово-кліматичних умов в період вегетації, так і від елементів технології вирощування. Найбільш повно відображають вплив умов вирощування рослин у процесі їх росту і розвитку елементи структури урожаю. Дослідження норм висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу проводили із сортом НС-30, висіяного після ріпаку озимого. Встановлено, що підвищення норми висіву насіння з 4,2 до 5,0 млн шт./га забезпечило достовірне збільшення кількості продуктивних стебел – на 71 шт./м². Водночас, довжина колоса, кількість зерен у колосі та маса 1000 насінин були значно більшими за норми висіву 4,2 млн шт./га, ніж за норми 5,0 млн шт./га. Польова схожість насіння у середньому за три роки була майже однаковою за обох норм висіву та становила 89,3 % за норми 5,0 млн шт./га і 87,9 % за норми 4,2 млн шт./га, відповідно. Аналогічна залежність спостерігалася і за роками досліджень. Лише у 2022 р. польова схожість була достовірно вищою на 4,8 % за норми висіву 5,0 млн шт./га, порівняно з нормою висіву 4,2 млн шт./га. Підвищення продуктивного стеблостою за норми висіву 5,0 млн шт./га забезпечило отримання більшої на 0,15 т/га урожайності, порівняно з нормою висіву 4,2 млн шт./га. Максимальну врожайність насіння за обох норм висіву отримано у 2022 році. За норми висіву 5,0 млн шт./га вона становила 6,30 т/га, за норми 4,2 млн шт./га – 6,19 т/га. Отже, досліджено, що продуктивність пшениці озимої збільшується з підвищенням норми висіву її насіння. Посівні якості насіння у середньому за три роки досліджень були високими. Зокрема, енергія проростання становила 96,5 %, схожість насіння – 97,5 %. Достовірної різниці якості насіння залежно від норм висіву не виявлено.

Ключові слова: пшениця озима, продуктивність, якість насіння, норма висіву, польова схожість.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця озима є провідною культурою в Україні. За обсягами вирощування в країні вона поступається лише кукурудзі [1, 2]. На світовому ринку Україна займає вагому сходинку з виробництва зерна пшениці з істотним потенціалом експорту, який перевищує 40 млн тонн [3, 4].

Урожай та якість насіння пшениці формується в період його вирощування, де важливу роль відіграють як генетичний потенціал сорту, так і ґрунтово-кліматичні та агротехнічні умови вирощування [5, 6]. Норма висіву нині є одним з основних елементів формування продуктивного стеблостою пшениці озимої, який необхідно коригувати враховуючи

біологічні особливості сорту [7, 8]. Дослідженнями встановлено, що максимальна врожайність пшениці озимої формувалася за оптимальних норм висіву з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, попередників, сортових особливостей культури тощо [9–12].

Для кожного сорту пшениці озимої норми висіву необхідно вивчати диференційовано залежно від ґрунтово-кліматичних умов, попередника, рівня живлення, агротехніки, строків сівби і щорічно корегувати з врахуванням погодних умов та водного режиму ґрунту [13]. Нижча норма висіву може збільшити ризики зниження врожайності, тимчасом більша норма висіву може підвищити загальну собівартість продукції [14, 15].

Підсумковими показниками, які визначають величину врожайності зерна пшениці озимої, є густота рослин та продуктивного стеблостою, озерненість колосу, маса зерна з одного колосу, а також маса 1000 зерен. Кожен із цих елементів може значно варіювати, залежно від агротехнічних прийомів вирощування, які призводять до зміни врожаю [16, 17].

Доведено, що норми висіву насіння впливають на врожайність зерна пшениці озимої. В умовах Степу України після попередника ріпак озимий за норми висіву насіння пшениці озимої 5,0 млн шт./га отримано урожайність 5,23 т/га, за норми 4,0 млн шт./га – 5,08 т/га зерна [17]. В умовах північного Степу найвищу урожайність пшениці озимої отримано різновиду *Lutescen* за норми висіву 4,0 млн шт./га – 7,3 т/га, рослин різновиду *Erythrospermum* – 3,5 та 4,0 млн шт./га – 7,1 т/га. Збільшення або зменшення норми висіву призводило до зниження урожайності зерна [7]. Дослідженнями О.М. Бутенко та О.Б. Бондаренко з'ясовано, що врожайність зерна підвищувалася пропорційно збільшенню норми висіву насіння. Найбільшу урожайність після попередника соняшник було отримано на фоні $N_{30}P_{30}$ за норми висіву 5,0 млн шт./га – 4,6 т/га [18]. В умовах північно-західного Лісостепу з'ясовано, що підвищення норми висіву насіння від 5,0 до 5,5–6,0 млн схожих зерен на 1 га сприяло найвищому приросту врожаю за пізніх строків сівби (10–20 жовтня) [19].

Відомо, що польова схожість, продуктивність і якість насіння тісно взаємопов'язані. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням норми висіву насіння пшениці м'якої ярої з 3,5 до 6,0 млн/га польова схожість зменшилася з 89,8 до 87 %, тимчасом густота стояння рослин зросла з 314,3 до 522,0 м² [20].

Озтюрк та ін. зробили висновок про те, що норма висіву безпосередньо впливає на кількість колосків на одиницю площі, що додатково збільшує інші компоненти врожайності, такі як кількість зерен на одиницю маси колоса та окремого зерна [21].

Отже, величина врожаю пшениці озимої визначається комплексом елементів продуктивності, які змінюються як під впливом ґрунтово-кліматичних умов у період вегетації, так і від елементів технології вирощування. Найбільш повно відображують вплив умов вирощування рослин у процесі їх росту і розвитку елементи структури урожаю.

Мета досліджень – визначення впливу застосування різних норм висіву на посівні якості насіння пшениці озимої та варіабельність показників його продуктивності.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження з вивчення особливостей формування урожаю і якості насіння пшениці озимої проводили в умовах приватного сільськогосподарського підприємства «Еліт» Кіровоградської області упродовж 2022–2024 рр.

Дослідження щодо вивчення впливу норми висіву на насінневу продуктивність пшениці озимої проводили після попередника ріпак озимий з сортом НС-30 – це середньопізній сорт, пластичний до умов вирощування, стійкий до вилягання та хвороб, зокрема до корневих гнилей, фузаріозу, септоріозу, борошнистої роси, з високим потенціалом урожайності – 11,5 т/га. Маса 1000 насінин 35–40 г [12].

Територія району, де проводили дослідження, розташована у зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. Загальна кількість опадів за рік становить 470–490 мм, у період з температурою повітря вище +10 °С випадає 300–310 мм. Ґрунт – чорнозем сильно реградований, вміст гумусу 3,5 %, гідролітична кислотність – 2,9, рН сольовий – 5,1. Вміст рухомих форм фосфору 250 та обмінного калію – 190 мг/кг ґрунту за Кірсановим, азоту, що гідролізується за Тюриним – 63 мг/кг ґрунту.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм [23].

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що підвищення норми висіву насіння пшениці озимої з 4,2 до 5,0 млн шт./га забезпечило достовірне збільшення кількості продуктивних стебел – на 71 шт./м² (табл. 1).

Таблиця 1 – Елементи структури урожаю пшениці озимої залежно від норм висіву насіння (середнє за 2022–2024 рр.)

Норма висіву		Продуктивних стебел, шт./м ²	Довжина колоса, см	Зерен в колосі		Маса 1000 насінин, г
млн/га	кг/га			шт.	г	
5,0	220	463	5,4	27,3	1,12	39,4
4,2	180	392	7,0	39,9	1,67	42,9
НІР _{0,05}		9,0	0,8	7,5	0,2	4,4

Водночас, всі інші елементи структури врожаю за норми висіву 4,2 млн шт./га були значно більшими, ніж за норми 5,0 млн шт./га. Зокрема, довжина колоса становила 7,0 см і була більша на 1,6 см, зерен в колосі було більше на 12,6 шт., а їх маса – на 0,55 г, достовірно більшою була і маса 1000 зерен.

Не виявлено достовірного збільшення польової схожості насіння залежно від норм висіву насіння, яка у середньому за три роки була майже однаковою за обох норм висіву.

За більшої норми висіву спостерігалася лише тенденція підвищення польової схожості (рис. 1).

Аналогічна залежність спостерігалася і за роками досліджень. У всі роки, крім 2022 р., польова схожість насіння була майже однаковою залежно від норм висіву насіння. Лише у 2022 р. достовірно більшою польову схожість отримано за норми висіву 5,0 млн шт./га, яка становила 91,0 %, що на 4,8 % більше ніж за сівби з нормою 4,2 млн шт./га (табл. 2).

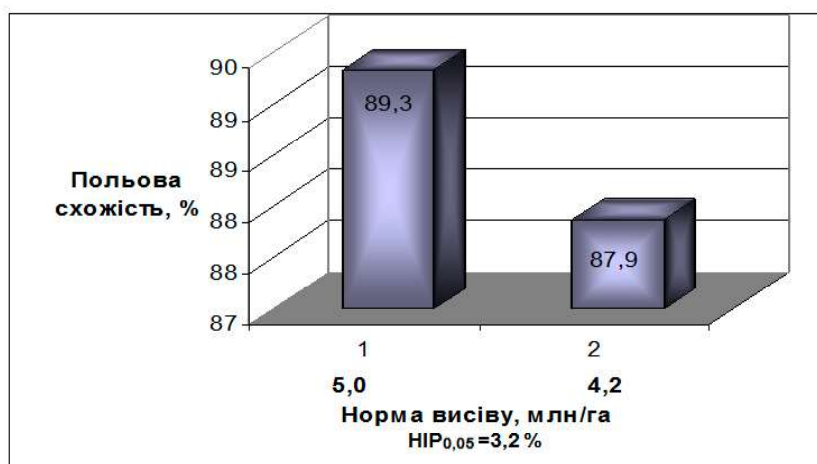


Рис. 1. Польова схожість залежно від норм висіву (середнє за 2022–2024 рр.).

Таблиця 2 – Польова схожість насіння залежно від умов вирощування та норм висіву (за 2022–2024 рр.)

Рік урожаю	Норма висіву		Густота рослин, млн/га	Польова схожість, %
	млн шт./га	кг/га		
2022	5,0	220	4,6	91,0
	4,2	180	3,5	86,2
2023	5,0	220	4,5	89,0
	4,2	180	3,8	89,3
2024	5,0	220	4,4	88,0
	4,2	180	3,8	88,1
НІР _{0,05 заг.}			0,17	3,7
НІР _{0,05 умови вирощування}			0,12	2,6
НІР _{0,05 норми висіву}			0,1	2,1

Кореляційно-регресійним аналізом виявлено сильну лінійну кореляцію між густотою стояння рослин і польовою схожістю насіння (рис. 2).

Коефіцієнт детермінації $R^2=0,4595$ та коефіцієнт кореляції $r = 0,68$. Побудоване рівняння регресії, що описує цю залежність: $y = 2,3593x - 79,017$, збільшення польової схожості насіння сприяє підвищенню густоти стояння рослин.

Достовірне підвищення продуктивного стеблостою за норми висіву 5,0 млн шт./га, навіть за формування достовірно нижчих інших показників структури урожаю, забезпечило отримання значно більшої урожайності, порівняно з нормою висіву 4,2 млн шт./га (рис. 3).

У середньому за три роки, урожайність зерна за норми висіву 5 млн шт./га становила 5,90 т/га або була вищою на 0,15 т/га

($HP_{0,05 \text{ норма висіву}} = 0,01 \text{ т/га}$). За роками досліджень спостерігалася аналогічна залежність. За сівби з нормою висіву 5,0 млн шт./га урожайність була достовірно більшою, ніж за меншої норми висіву (табл. 3).

Найвищу урожайність зерна за обох норм висіву отримано у 2022 р., яка за норми висіву 5,0 млн шт./га становила 6,30 т/га, за норми 4,2 млн шт./га - 6,19 т/га, тобто, була меншою на 0,11 т/га. У 2023 та 2024 рр. рівень урожайності зерна був достовірно меншим, порівняно з 2022 р., однак, за сівби з більшою нормою висіву він був вищим, ніж за меншої норми. Тобто, порівняно з нормами висіву, істотний вплив на урожайність пшениці озимої мали умови вегетації культури.

Якість насіння – енергія проростання і схожість в середньому за три роки були високими, достовірної різниці залежно від норм висіву не виявлено (рис. 4).

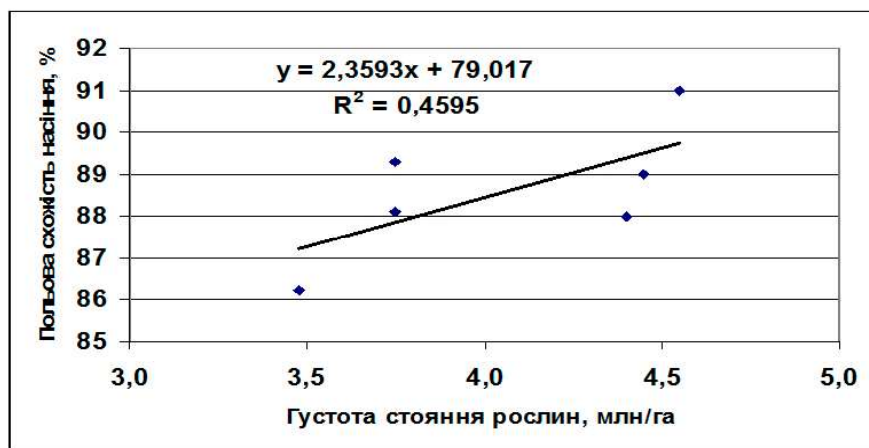


Рис. 2. Залежність густоти стояння рослин від польової схожості насіння (середнє за 2022–2024 рр.).

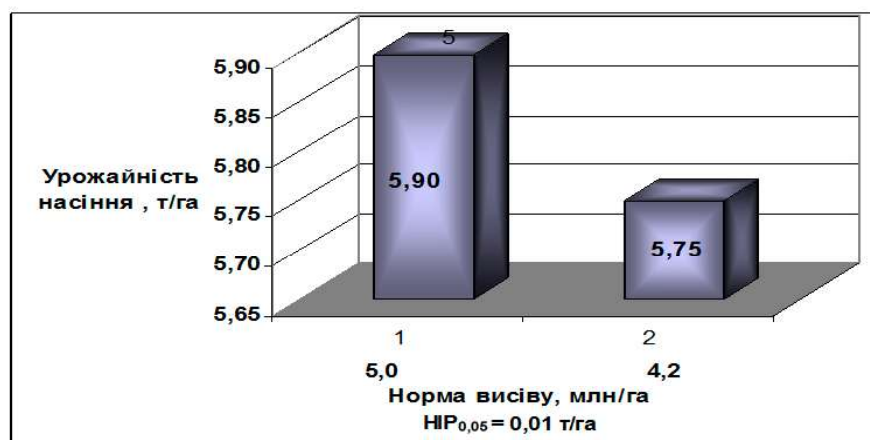


Рис. 3. Урожайність пшениці озимої залежно від норм висіву насіння (середнє за 2022–2024 рр.).

Таблиця 3 – Урожайність зерна залежно від норм висіву насіння (за 2022–2024 рр.)

Рік урожаю	Норма висіву		Урожайність зерна, т/га
	млн шт./га	кг/га	
2022	5,0	220	6,30
	4,2	180	6,19
2023	5,0	220	5,75
	4,2	180	5,48
2024	5,0	220	5,65
	4,2	180	5,51
НІР _{0,05 заг.}			0,12
НІР _{0,05 умови вирощування}			0,08
НІР _{0,05 норми висіву}			0,07

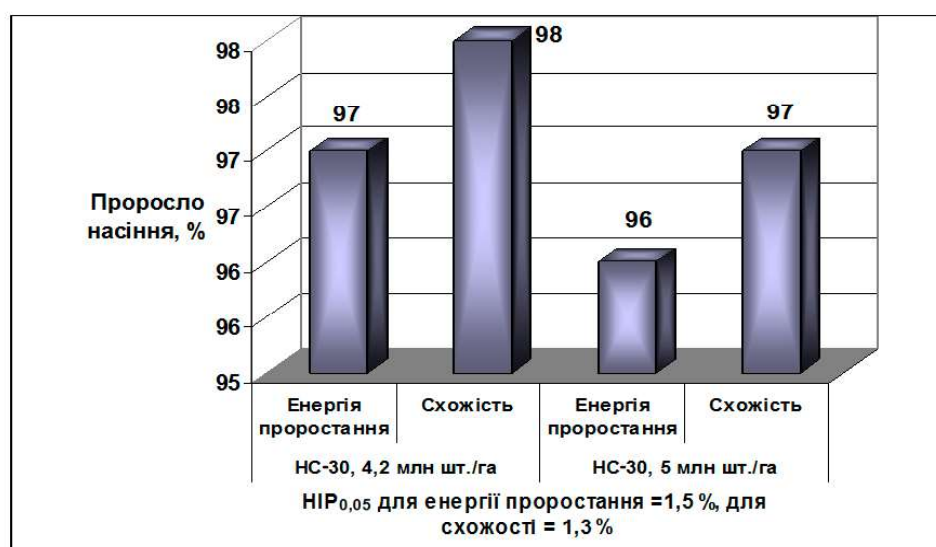


Рис. 4. Якість насіння залежно від норм висіву сорту НС-30 (середнє за 2022–2024 рр.).

Отже, на урожайність насіння і формування елементів структури урожаю значно впливали умови вирощування та норми висіву насіння, водночас на показники якості насіння такого впливу не виявлено.

Висновки. Достовірне підвищення продуктивного стеблостою пшениці озимої за норми висіву 5,0 млн шт./га забезпечило отримання

значно більшої урожайності зерна, яка у середньому за роки досліджень становила 5,9 т/га і була вищою на 0,15 т/га, порівняно з нормою висіву 4,2 млн шт./га. Аналогічна залежність спостерігалася за роками досліджень. Достовірної різниці з якості насіння – енергії проростання та схожості залежно від норми висіву не виявлено.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сайко В.Ф. Перспективи виробництва зерна в Україні. Вісник аграрної науки. 1997. № 9. С. 27–32.
2. Майоров О.В., Цехмейструк М.Г. Технологія вирощування пшениці озимої: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». Харків: ХНТУСГ, 2021. С. 299–302.

3. Моргун В.В., Рибалка О.І. Стратегія генетичного поліпшення зернових злаків з метою забезпечення продовольчої безпеки, лікувально-профілактичного харчування та потреб переробної промисловості. Вісник НАН України. 2017. № 3. С. 55–64.
4. Корхова М.М., Кондрат В.О. Проблема визначення оптимальних норм висіву насіння

пшениці озимої. Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича: збірник матеріалів науково-практичної конференції. Одеса, 2024. С. 166–168.

5. Сайко В.Ф. Вітчизняне зернове господарство. Розмов – багато, ефективності – мало. Зерно і хліб. 2005. № 3. С. 6–7.

6. Поліщук В.В., Коновалов Д.В., Іваницька А.П., Ляшенко С.О. Насіннева продуктивність пшениці озимої залежно від технологій її вирощування. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2023. № 2. С. 20–26. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-20-26

7. Вінюков О.О., Лапко О.Б. Вплив норм висіву на формування показників продуктивності пшениці озимої різновидів *Lutescens* та *Erythrospermum* в умовах північного Степу України. Аграрні інновації. 2023. № 18. С. 7–13. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.18.1

8. Zhang Y., Song Q., Yan J. Mineral element concentrations in grain of Chinese wheat cultivars. *Euphytica*. 2010. 174(3). P. 303–313.

9. Гаврилюк М.М., Каленич П.Є. Вплив екологічних чинників на врожайність нових сортів пшениці озимої в умовах Південного Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2018. № 1(778). С. 25–29. DOI: 10.31073/agrovisnyk201801-04.

10. Польовий В.М., Лукашук Л.Я., Гук Л.І. Ефективність інтенсифікації технології вирощування пшениці озимої в Західному Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2018. № 11(788). С. 35–40. DOI: 10.31073/agrovisnyk201811-05.

11. Growth and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the sowing parameters / S. Poltoretskyi et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(2). P. 81–87. DOI: 10.15421/2020.68.

12. Ткачук С.О., Олійник О.О., Кучерова А.В. Оцінка впливу норм висіву та строків посіву на реалізацію потенціалу пшениці озимої. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2024. № 4(108). С. 233–244. DOI: 10.31713/vs4202417

13. Шокало Н.С., Сухар Ю.В. Вплив норм висіву на урожайність пшениці м'якої озимої. Збалансований розвиток агроєкосистем України: Сучасний погляд на інновації: тези доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції. Полтава, 2019. С. 10–11.

14. Agronomic implications of variation in wheat development due to variety, sowing, site and season / J.H. Spink et al. *Plant, Variety and Seed*. 2000. 13. P. 91–105.

15. Fazily T. Effect of Sowing dates and seed rates on growth and yield of different wheat varieties: a review. *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*. 2021. 8(3). P. 10–26. DOI: 10.47856/ijaast.2021.v08i3.002

16. Лихочвор В.В. Структура врожаю озимої пшениці: монографія. Львів: Українські технології, 1999. 200 с.

17. Продуктивність пшениці озимої залежно від строку сівби та норми висіву після

ріпаку озимого в умовах Степу / А.Д. Гирка та ін. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. № 7(1). С. 30–36.

18. Бутенко О.М., Бондарева О.Б. Вплив норми висіву на врожайність пшениці туранської (*Triticum turanicum* Jakubz.) в Степу України. *Debats scientifiques et orientations prospectives du developpement scientifique*. Paris, 2024. P. 107–109. DOI: 10.36074/logos-20.09.2024.020

19. Власюк О.С. Вплив строків сівби і норм висіву на забур'яненість пшениці озимої: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 95-річчю ІБКіЦБ НААН. Новітні агротехнології: теорія та практика. Київ, 2017. С. 71–72.

20. Influence of seeding rate on the productivity and quality of soft spring wheat grain / M. Radchenko et al. *Agriculture & Forestry*. 2024. 70(1). P. 91–103. DOI: 10.17707/AgricultForest.70.1.06

21. Ozturk A., Caglar O., Bulut S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *J. Agron. Crop Sci*. 2006. 192. P. 10–16.

22. Насіння пшениці озимої. URL: <https://agroant.com.ua/product/ns-40s-29415>

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

REFERENCES

1. Saiko, V.F. (1997). *Perspektyvy vyrobnytstva zerna v Ukraini* [Prospects of grain production in Ukraine]. *Visnyk agrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 9, pp. 27–32.

2. Maiorov, O.V., Tsekhmeistruk, M.H. (2021). *Tekhnolohiia vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferencii «Molod' i tehnychnyj progres v APV»* [Technology of winter wheat cultivation: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Youth and Technical Progress in Arable Agriculture»]. Kharkiv, KHNTUA, pp. 299–302.

3. Morhun, V.V., Rybalka, O.I. (2017). *Stratihiia henetychnoho polipshennia zernovykh zlakiv z metoiu zabezpechennia prodovolchoi bezpeky, likuvalno-profilaktychnoho kharchuvannia ta potreb pererobnoi promyslovosti* [Strategy of genetic improvement of cereals for food security, therapeutic and preventive nutrition and needs of the processing industry]. *Visnyk NAN Ukrainy* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. no. 3, pp. 55–64.

4. Korkhova, M.M., Kondrat, V.O. (2024). *Problema vyznachennia optymalnykh norm vysivu nasinnia pshenytsi ozymoi* [The problem of determining the optimal seeding rates of winter wheat seeds]. *Naukovi chytannja do 100-richchja vid dnja narodzhennja Filip'jeva Ivana Davydovycha: zbirnyk materialiv naukovopraktychnoi konferencii* [Scientific readings to the 100th anniversary of the birth of Ivan Davydovych Filipiev: collection of materials of the scientific and practical conference]. Odessa, pp. 166–168.

5. Saiko, V.F. (2005). Vitchyzniane zernove hospodarstvo. Rozmov – bahato, efektyvnosti – malo [Domestic grain farming. There is a lot of talk, but little efficiency]. *Zerno i hlib* [Grain and bread]. no. 3, pp. 6–7.
6. Polishchuk, V.V., Konovalov, D.V., Ivanitska, A.P., Lyashenko, S.O. (2023). Nasinnieva produktyvnist pshenytsi ozymoi zalezno vid tekhnologii yii vyroshchuvannya [Seed productivity of winter wheat depending on its cultivation technologies]. *Visnyk Umans'ko go nacional'nogo universytetu sadivnytva* [Bulletin of Uman National University of Horticulture]. no. 2, pp. 20–26. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-20-26
7. Viniukov, O.O., Lapko, O.B. (2023). Vplyv norm vysivu na formuvannya pokaznykiv produktyvnosti pshenytsi ozymoi riznovydiv *Lutescens* ta *Erythrospermum* v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Influence of sowing rates on the formation of winter wheat productivity indicators of *Lutescens* and *Erythrospermum* varieties in the conditions of the northern Steppe of Ukraine]. *Agrarni innovacii* [Agrarian innovations]. no. 18, pp. 7–13. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.18.1
8. Zhang, Y., Song, Q., Yan, J. (2010). Mineral element concentrations in grain of Chinese wheat cultivars. *Euphytica*. Vol. 174, no. 3, pp. 303–313.
9. Havryliuk, M.M., Kalenych, P.Ye. (2018). Vplyv ekolohichnykh chynnykiv navrozhainist novykh sortiv pshenytsi ozymoi v umovakh Pivdennoho Lisostepu [Influence of environmental factors on the yield of new varieties of winter wheat in the Southern Forest-Steppe]. *Visnyk agrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 1(778), pp. 25–29. DOI: 10.31073/agrovisnyk201801-04.
10. Polovyi, V.M., Lukashchuk, L.Ya., Huk, L.I. (2018). Efektyvnist intensyfikatsii tekhnologii vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi v Zakhidnomu Lisostepu [Efficiency of intensification of winter wheat cultivation technology in the Western Forest-Steppe]. *Visnyk agrarnoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 11(788), pp. 35–40. DOI: 10.31073/agrovisnyk201811-05.
11. Poltoretskyi, S., Tretiakova, S., Mostoviak, I., Yatsenko, A., Tereshchenko, Y., Poltoretska, N., Berezovskyi, A. (2020). Growth and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the sowing parameters. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 10(2), pp. 81–87. DOI: 10.15421/2020_68
12. Tkachuk, S.O., Oliinyk, O.O., Kucherova, A.V. (2024). Otsinka vplyvu norm vysivu ta strokiv posivu na realizatsiiu potentsialu pshenytsi ozymoi. [Assessment of the influence of sowing rates and sowing dates on the realisation of winter wheat potential]. *Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering*. no. 4(108), pp. 233–244. DOI: 10.31713/vs4202417
13. Shokalo, N.S., Sukhar, Yu.V. (2019). Vplyv norm vysivu na urozhainist pshenytsi miakoi ozymoi [Influence of sowing rates on the yield of soft winter wheat]. *Zbalansovanyj rozvytok agroekosystem Ukrainy: Suchasnyj pogljad na innovacii: tezy dopovidj III Vseukrai'ns'koi naukovopraktychnoi konferencii* [Balanced development of agroecosystems of Ukraine: A modern view of innovation: abstracts of the III All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Poltava, pp. 10–11.
14. Spink, J.H., Kirby, E.J.M., Forest, D.L., Bradley, R.S., Scott, R.K., Fouke's, M.J., Clare, R.W., Evans, E.J. (2000). Agronomic implications of variation in wheat development due to variety, sowing, site and season. *Plant, Variety and Seed*. no. 13, pp. 91–105.
15. Fazily, T. (2021). Effect of Sowing dates and seed rates on growth and yield of different wheat varieties: a review. *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*. Vol. 8(3), pp. 10–26. DOI: 10.47856/ijaast.2021.v08i3.002
16. Lykhochvor, V.V. (1999). *Struktura vrozhaiv ozymoi pshenytsi: monohrafiia* [Structure of winter wheat harvest: monograph]. Lviv, Ukrainian Technologies, 200 p.
17. Hyrka, A.D., Pedash, O.O., Kulyk, I.O., Viniukov, O.O., Ishchenko, V.A. (2017). Produktyvnist pshenytsi ozymoi zalezno vid stroku sivby ta normy vysivu pislia ripaku ozymoho v umovakh Stepu [Productivity of winter wheat depending on the sowing date and seeding rate after winter rape in the Steppe]. *Ukrainian Journal of Ecology*. no. 7(1), pp. 30–36.
18. Butenko, O.M., Bondareva, O.B. (2024). Vplyv normy vysivu na vrozhaivist pshenytsi turanskoi (*Triticum turanicum* Jakubz.) v Stepu Ukrainy [Influence of sowing rate on the yield of Turanian wheat (*Triticum turanicum* Jakubz.) in the Steppe of Ukraine]. *Debats scientifiques et orientations prospectives du developpement scientifique*. Paris, pp. 107–109. DOI: 10.36074/logos-20.09.2024.020
19. Vlasiv, O.S. (2017). Vplyv strokiv sivby i norm vysivu na zaburianenist pshenytsi ozymoi: Miznarodna naukovopraktychna konferencija, prysvjachena 95-richchju IBKiCB NAAN [Influence of sowing dates and seeding rates on weed infestation of winter wheat: International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the IBKiCB NAAS]. *Novitni agrotehnologii: teoriia ta praktyka* [Modern agrotechnologies: theory and practice]. Kyiv, pp. 71–72.
20. Radchenko, M., Trotsenko, V., Butenko, A., Hotvianska, A., Gulenko, O., Nozdrina, N., Karpenko O., Rozhko, V. (2024). Influence of seeding rate on the productivity and quality of soft spring wheat grain. *Agriculture & Forestry*. Vol. 70(1), pp. 91–103. DOI: 10.17707/AgricultForest.70.1.06
21. Ozturk, A., Caglar, O., Bulut, S. (2006). Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *J. Agron. Crop Sci*. Vol. 192, pp. 10–16.
22. Nasinnia pshenytsi ozymoi [Winter wheat seeds]. Available at: <https://agroantal.com.ua/product/ns-40s-29415>
23. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PE "TD "Edelweiss and K", 332 p.

Influence of seeding rate on the formation of productivity and quality of winter wheat seeds**Polishchuk V., Prytula Y.**

Yield amount of winter wheat is determined by a set of productivity elements that vary both under the influence of soil and climatic conditions during the growing season and the elements of cultivation technology. The elements of yield structure most fully reflect the influence of plant growing conditions in the process of their growth and development. The study of seeding rates in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe was carried out with the NS-30 variety sown after winter rape. It was found that an increase in seeding rate from 3.0–4.5 to 4.5–5.5 million seeds/ha provided a significant increase in the number of productive stems – by 71 pcs/m². At the same time, the ear length, the number of grains in the ear and the weight of 1000 seeds were significantly higher at the sowing rate of 4.2 million pcs/ha than at the rate of 5.0 million pcs/ha. Field germination of seeds on average for three years was almost the same at both seeding rates and amounted to 89.3 % at the

rate of 5.0 million pcs/ha and 87.9 % at the rate of 4.2 million pcs/ha respectively. A similar dependence was observed over the years of research. Only in 2022, field germination was significantly higher by 4.8 % at a sowing rate of 5.0 million seeds/ha, compared to a sowing rate of 4.2 million seeds/ha. An increase in the productive stem stand at a seeding rate of 5.0 million seeds/ha ensured a 0.15 t/ha higher seed yield compared to a sowing rate of 4.2 million seeds/ha. The maximum seed yield at both sowing rates was obtained in 2022, which at the sowing rate of 5.0 million pcs/ha was 6.30 t/ha, and at the rate of 4.2 million pcs/ha – 6.19 t/ha. Thus, it has been studied that winter wheat productivity rises with the increase in the seeding rate of its seeds. Sowing qualities of seeds were high on average over the three years of research. Thus, the germination energy was 96.5 % and the seed germination rate was 97.5 %. No relevant difference in seed quality was found depending on seeding rates

Key words: winter wheat, productivity, seed quality, seeding rate, field germination.



Copyright: Поліщук В.В., Притула Ю.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:

Поліщук В.В.

Притула Ю.М.

<https://orcid.org/0000-0001-8157-7028>

<https://orcid.org/0009-0008-1914-4772>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.582:631.86/.87:631.95

**Біологізація систем удобрення зернопросапної сівозміни
у Правобережному Лісостепу України****Примак І.Д.** , **Войтовик М.В.** , **Устинова Г.Л.** ,
Ображій С.В. , **Панченко О.Б.** *Білоцерківський національний аграрний університет*

Устинова Г.Л. E-mail: ustynovaGL@ukr.net



Примак І.Д., Войтовик М.В., Устинова Г.Л.,
Ображій С.В., Панченко О.Б. Біологізація
систем удобрення зернопросапної
сівозміни у Правобережному Лісосте-
пу України. «Агробіологія», 2025. № 1.
С. 130–140.

Prymak I., Voitovyk M., Ustynova H.,
Obrazhii S., Panchenko O. Biologization
of fertilization systems of grain-row crop
rotation in the Right-Bank Forest-Steppe
of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 1,
pp. 130–140.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-130-140

У трирічних (2021–2023) дослідженнях в стаціонарній зернопросапній п'ятипільній сівозміні на дослідному полі Білоцерківського НАУ, на неудобрених ділянках, удобрених 6 т/га гною + $N_{54}P_{48}K_{48}$, 6 т/га гною + $N_{92}P_{66}K_{90}$ і 6 т/га гною + $N_{120}P_{92}K_{110}$ суха маса рослинних решток становила відповідно 4,20; 5,90; 6,89 і 7,47 т (з яких частка кореневих 73–76 %), баланс гумусу додатний (відповідно 337; 626; 554 і 604 кг/га), вихід основної продукції – 2,05; 3,45; 4,32 і 4,71 т/га сухої речовини, побічної – 2,50; 4,35; 5,58 і 6,20 т/га сухої речовини, продуктивність сівозміни (основна + побічна продукція) – 4,55; 7,80; 9,90 і 10,91 т/га сухої речовини.

Маса рослинних решток основних культур сівозміни перевищує масу урожаю товарної продукції або близька до неї.

За збільшення норм добрив підвищується частка нетоварної продукції в загальному урожаї основних культур сівозміни, а приріст товарної продукції вищий, ніж рослинних решток.

За відчуження з полів сівозміни побічної продукції або ж за відсутності посівів післяжнивної гірчиці білої на зелене добриво баланс гумусу в чорноземі типовому середньосуглинковому від'ємний. Навіть одного поля сидеральної культури було б достатньо для отримання додатного балансу, але за умови використання всієї нетоварної продукції як органічного добрива.

Найбільш дефіцитний баланс гумусу під соняшником, де щорічні втрати його коливались від 1,3 до 3,2 т/га. Загалом по сівозміні на удобрених варіантах орієнтовно по 30 % новоутвореного гумусу надходить до ґрунту завдяки гуміфікації рослинних решток, побічної продукції культур і зеленого добрива, а решта (7–9 %) – гною.

За використання післяжнивного зеленого добрива у двох полях п'ятипільної сівозміни, побічної продукції рільництва як органічного добрива на неудобрених мінеральними добривами і гною ділянках стаціонарного досліді – забезпечується стан біологічного землеробства; на удобрених $N_{54}P_{48}K_{48}$ + 6 т/га гною і $N_{92}P_{66}K_{90}$ + 6 т/га гною – стан екологічного землеробства; на удобрених $N_{120}P_{92}K_{110}$ + 6 т/га гною відбувається біологізація землеробської галузі.

Ключові слова: ґрунт, сівозміна, система удобрення, рослинні рештки, баланс гумусу, нетоварна продукція, урожай, екологізація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Управління відтворенням ґрунтової родючості здійснюють за допомогою змін інтенсивності мінералізації і гуміфікації органічної речовини, нагромадження і випаровування вологи, ущільнення і розпушення ґрунту, теплового режиму ґрунту, активності ґрунтової біоти, трансформації мінеральних хімічних сполук речовин і нагромадження рухомих форм поживних елементів, кислотно-лужної рівноваги тощо [1].

Основою родючості та енергетичним ресурсом ґрунту є органічна речовина, середній склад якої включає 85 % гумусу, 10 % рослинних решток і близько 5 % флори і фауни. Вона містить 95–98 % валового азоту, 80–90 – сірки 40–60 % – фосфору. На утворення гумусу витрачається до 2–3 % рослинних решток, а решта мінералізується ґрунтовою мікробіотою до вуглекислого газу, води, аміаку і різних солей [2].

Площа чорноземних ґрунтів в Україні – 27,8 млн га, що становить понад 60 % ріллі. За цим показником держава посідає четверте місце у світі, маючи у власності 13–14 % європейських і 6–8 % світових запасів. Дегуміфікація їх призводить до щорічних втрат понад однієї тонни гумусу. Це за умови що кожен гектар ріллі отримує щорічно тонну гною з середнім вмістом гумусу 50 кг. У Київській області абсолютне і відносне зменшення гумусу за 1961–2015 рр. перевищило відповідно 0,5 і 15 % [2, 3].

В Україні впродовж 35 останніх років незбалансована дефіцитна система землеробства в поєднанні з екологічно і економічно необґрунтованим співвідношенням земельних угідь призвели до дегуміфікації чорноземів і трансформації їх у ґрунти середнього рівня родючості. Середньозважений вміст гумусу у ґрунтах Полісся, Лісостепу і Степу України на сьогодні становить відповідно 2,24; 3,19 і 3,40 %. За 133 роки (1882–2015) ґрунти Лісостепу втратили 1,3 % вихідного вмісту гумусу [3, 4].

На сьогодні потенціал родючості вітчизняних ґрунтів реалізується на 60–70 % внаслідок деградаційних процесів і дефіциту вологи. Площа деградованих ґрунтів становить майже 10–12 млн га (понад 25 % земель сільськогосподарського призначення).

Згідно з біосферною парадигмою природокористування, родючість ґрунту визначається не лише виробничою, а також соціально-економічною та екологічною функціями. Усвідомлення незворотності настання негативних наслідків дегуміфікації ґрунтів для

навколишнього середовища і суспільства, повільної і важкої відтворюваності або ж навіть невідтворюваності природних ресурсів внаслідок діяльності людини спонукали вітчизняного рільника активізувати використання нетоварної рослинницької продукції на добриво, мульчування полів, вирощування сидератів і бобових культур, багаторічних трав тощо [5].

Координаційна рада з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням при Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів України, створена Постановою Кабінету Міністрів України у 2017 р., на першому засіданні в травні 2018 р. вказала на три основні національні добровільні завдання для досягнення нейтрального рівня деградаційних процесів. Зокрема, першим завданням є підвищення вмісту органічного вуглецю (гумусу) в ґрунтах сільськогосподарських угідь до 2030 р. не менше ніж на 0,1 % [6].

Затверджений Кабінетом Міністрів України Національний план дій щодо боротьби з деградацією земель і опустелюванням потребує, зокрема, розроблення та впровадження комплексу заходів з оптимізації структури землекористування; екологічно збалансованих систем сівозмін; удобрення, обробітку; зменшення непродуктивних втрат органічного вуглецю ґрунту [6, 7].

На чорноземі типовому малогумусному важкосуглинковому Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М.І. Вавілова за внесення лише мінеральних добрив баланс гумусу від'ємний, за використання побічної продукції рільництва як добрива – він додатний. У різноротаційних сівозмінах розширене відтворення ґрунтового гумусу спостерігалось за внесення на гектар ріллі 10 т гною + $N_{53}P_{60}K_{60}$ і всієї побічної продукції культур з компенсаційною дозою мінерального азоту (N_{10}) [8].

У короткоротаційних сівозмінах північного Степу України систематичне застосування усієї нетоварної продукції культур на удобрення чорнозему звичайного важкосуглинкового забезпечило бездефіцитний баланс гумусу навіть без використання мінеральних добрив. За їх поєднання вміст гумусу підвищився [9].

У 35-річних дослідках Кіровоградського інституту агропромислового виробництва внесення на гектар ріллі 10 т гною + $N_{51}P_{50}K_{44}$ і 7 т гною + 1,1 т соломи + $N_{41}P_{46}K_{40}$ відповідно в інтенсивній (з полем чистого пару) і альтернативній десятипільних сівозмінах виявилось недостатнім для забезпечення

бездефіцитного балансу гумусу в орному шарі чорнозему типового. За використання соломи на добриво інтенсивність мінералізації органічної речовини ґрунту зменшується в 1,5–2,0 рази [10].

Додатний баланс гумусу в орному шарі чорнозему типового глибокого середньосуглинкового упродовж 2011–2018 рр. спостерігався за внесення на гектар ріллі польової зернотрав'янопросапної десятипільної сівозміни 9 т сухої речовини органічних добрив, зокрема 4,5 т гноєкомпостів, 3,5 т соломи злакових культур і стебел кукурудзи та соняшнику, 1,0 т сидератів [11].

На чорноземі типовому малогумусному Черкаської сільськогосподарської дослідної станції за використання побічної продукції рільництва як органічного добрива баланс органічного вуглецю додатний в семи-десятипільних сівозмінах, а в короткоротаційних (три-п'ятипільних) – менш профіцитний. Заробка всієї подрібненої рільничої нетоварної продукції у поверхневий шар чорнозему типового з азотною компенсацією мінеральними туками і систематичним безполіцевим обробітком в короткоротаційних сівозмінах моделює природний азотно-вуглецевий колообіг [12].

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України рекомендує вносити на кожному гектарі чорнозему типового в Лісостепу 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$ і 7,5 т гною + $N_{26}P_{41}K_{33}$ за ГТК відповідно 1,3 і 0,9–1,0 або ж лише мінеральні туки в поєднанні з всією нетоварною продукцією рільництва. Стабілізація гумусу в орному і підорному шарах чорнозему типового вилугуваного спостерігалася за 12 т/га гною + $N_{46}P_{51}K_{59}$ [13, 14]. За відсутності тваринництва господарствам підзони нестійкого зволоження Лісостепу наукова установа пропонує використовувати оптимальні норми мінеральних добрив і всю нетоварну продукцію сівозмін для заробки в ґрунт. У типовій польовій зернопросапній десятипільній сівозміні (40 % просапних і 10 % бобових) щорічні втрати гумусу становили 0,21 і 0,12 т за внесення на гектар ріллі відповідно 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$ і всієї нетоварної продукції + $N_{50}P_{66}K_{66}$. Використання у плодозмінній сівозміні побічної продукції на добриво і мінеральних добрив ($N_{43-50}P_{43}K_{43-50}$) забезпечило додатний баланс гумусу [15].

Встановлена статистична залежність втрат гумусу від надходження у ґрунт біомаси рослин. Агрометеорологічні умови, продуктивність та співвідношення основної до побічної продукції культур і маса її

надходження до чорнозему типового Східного Лісостепу України надають можливість компенсувати втрати ґрунтового гумусу на 77–84 % [16].

За екологічної моделі землеробства ресурсним забезпеченням розширеного відтворення гумусу чорнозему типового середньосуглинкового в типовій польовій десятипільній зернопросапній сівозміні Лісостепу України слугує щорічне внесення 18 т/га органічних (12 т гною + 6 т побічної продукції рільництва та зеленої маси сидератів) і $N_{46}P_{49}K_{55}$ мінеральних туків [17].

На неудобреному чорноземі опідзоленому важкосуглинковому щорічні втрати його сягали 0,88 т/га. Внесення курячого посліду, компостів (солома пшениці + послід і luppinня соняшнику + послід) забезпечили додатний баланс гумусу на рівні 0,10 т/га і вище [18].

Завдяки використанню побічної продукції п'ятипільних сівозмін на добриво баланс гумусу на чорноземі південному важкосуглинковому додатний в досліді Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції. Цей показник становив у другій сівозміні 11 т/га (сидеральний пар під викою озимою), третій – 7,7 т/га (сидеральний пар під горохом з гірчицею), четвертий – 1,0 т/га (замість сидерального зайнятий пар під горохом на зерно) [19].

Завдяки біологізації рільництва в ТОВ «Агрофірма «Колос» Білоцерківського району Київської області вміст гумусу в чорноземі типовому підвищився за 10 років на 1,11 % [20], хоча, як наголошують науковці, для зростання цього показника в Україні лише на 0,1 % необхідно не менше 15–20 років [21].

Вітчизняні науковці для поліпшення гумусового балансу пропонують також використовувати мул і донні відкладення. На сьогодні в Україні налічується понад 40 тис. ставків, з яких пропонується щороку вилучати 30–35 млн т доданих відкладень, які за вмістом основних елементів удобрення не поступаються органічним добривам, а подекуди й переважають їх. Потенційний еколого-економічний ефект такого заходу в Україні оцінюють в 22–26 млрд грн [22].

Взірцем турботи українського хлібороба про забезпечення ґрунту органічною речовиною і біологічним азотом є майже півстолітні наукові і виробничі здобутки ПП «Агроекологія» (колишній «Обрій») Миргородського (колишнього Шишацького) району Полтавської області. Тут додатний баланс гумусу забезпечують багаторічні бобові трави (27–30 %

у структурі посівних площ), однорічні бобові і сидеральні культури, гній (поголов'я ВРХ нараховує 6 тис. голів), нетоварна частка врожаю. На кожен гектар вносять 24–25 т органічних добрив [23].

Мета дослідження – порівняти чотири системи удобрення за масою надходження до ґрунту органічної речовини, балансом гумусу, продуктивністю та рівнем екологізації зернопросапної сівозміни. Запропонувати виробництву один із кращих варіантів, що забезпечує отримання з гектара ріллі 4 т сухої речовини, 6 т кормових одиниць, 0,53 т перетравного протеїну основної продукції сільськогосподарських рослин.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження виконані на чорноземі типовому середньосуглинковому дослідного поля Білоцерківського НАУ впродовж 2021–2023 рр. у стаціонарній польовій короткоротаційній сівозміні.

Програмою досліджень передбачалося вивчення чотирьох систем (рівнів) удобрення агрофітоценозів сівозміни (табл. 1). На гектар ріллі за нульової системи добрив не вносили, за першої – 6 т гною + $N_{54}P_{48}K_{48}$, другої – 6 т гною + $N_{92}P_{66}K_{90}$, третьої – 6 т гною + $N_{120}P_{92}K_{110}$.

У досліді триразова повторність; в один ярус суцільне і послідовне розміщення варіантів і повторень. Посівна та облікова площі ділянок відповідно становлять 684 і 504 м².

Основний обробіток під культури сівозміни наступний: кукурудзу і соняшник – оранка плугом ПЛН-3-35 на 25–27 см; пшеницю озиму – дискування бороною БДВ-3,0 на 6–8 см, решту культур – 10–12 см. Як органічні добрива вносили напівперепрілий гній ВРХ, зелену масу гірчиці білої і нетоварну продукцію врожаю; мінеральних – аміачну селітру, простий гранульований суперфосфат і калійну сіль.

В основу визначення гумусового балансу покладений баланс азоту в ґрунті [24]. Спочатку визначали винос азоту врожайми культур сівозміни, приймаючи його за 100 %. 60 % виносу становить азот гумусу, решта (40 %) – азот добрив (мінеральних і органічних), атмосферних опадів, рослинних решток, фіксований з атмосферного повітря ґрунтовою мікробіотою. Вміст азоту в гумусі брали за 5 %, а коефіцієнт його використання культурами з ґрунту за 70 %. До розрахунків виносу азоту врожайми застосовані наступні поправочні коефіцієнти: стосовно гранулометричного складу – 0,8, просапних культур – 1,8, гірчиці білої – 1,0, решти – 1,2. Азотофіксація буль-

бочковими бактеріями – 50 % виносу азоту урожаєм сої. Коефіцієнт гуміфікації рослинних решток і гною – за Г.Я. Чесняком [24], побічної продукції всіх зернових і соняшнику – 0,20, сидерального добрива – 0,15; екологізації – за методикою НУБіП України [5, 17], а маса рослинних решток – за Н.З. Станковим [25].

Результати досліджень та обговорення.

В основних культур сівозміни маса рослинних решток перевищує або близька до маси врожаю товарної продукції (табл. 1). Особливо виразно це спостерігається у соняшнику, де маса рослинних решток більша маси насіння за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення відповідно в 2,18; 1,87; 1,73 і 1,71 рази, що і є однією з причин більш високої конкурентоспроможності його щодо бур'янів, ніж кукурудзи [26].

Загалом по сівозміні на гектар ріллі отримано за вказаних вище систем удобрення відповідно 2,05; 3,45; 4,32 і 4,71 т сухої речовини товарної продукції основних культур сівозміни ($НІР_{0,05} = 0,43$ т); 2,81; 4,74; 5,95 і 6,48 т/га кормових одиниць та 0,281; 0,474; 0,595 і 0,648 т/га перетравного протеїну. Суха маса рослинних решток становить всього 4,20; 5,90; 6,89 і 7,47 т ($НІР_{0,05} = 0,56$ т), зокрема кореневих – 3,08; 4,44; 5,21 і 5,70 т ($НІР_{0,05} = 0,52$ т), післязбиральних – 1,12; 1,46; 1,68 і 1,77 т ($НІР_{0,05} = 0,15$ т). За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення суха маса кореневих решток переважала суху масу товарної продукції основних культур сівозміни відповідно в 1,50; 1,29; 1,21 і 1,21 рази, а частка їх становила 73,3; 75,3; 75,6 і 76,3 % всіх рослинних решток.

Підвищення норм добрив супроводжувалося зростанням частки побічної продукції в загальному урожаї основних культур сівозміни. Вихід її вищий, ніж основної продукції, відповідно в 1,40; 1,43; 1,48 і 1,50 рази у сої, 1,21; 1,22; 1,24 і 1,25 – пшениці озимої, 1,37; 1,43; 1,48 і 1,51 – кукурудзи, 1,11; 1,23; 1,26 і 1,28 – ячменю ярого, 1,54; 1,58; 1,62 і 1,68 рази – в соняшнику. Загалом по сівозміні вихід сухої речовини нетоварної продукції основних культур становив відповідно 2,50; 4,35; 5,58 і 6,20 т/га ($НІР_{0,05} = 0,68$ т/га), що в 1,22; 1,26; 1,29 і 1,32 рази вище товарної частини урожаю.

Суша маса основної і побічної продукції основних культур сівозміни з одного гектара ріллі – 4,55; 7,80; 9,90 і 10,90 т, а з урахуванням гірчиці білої на зелене добриво – 5,49; 9,23; 11,60 і 12,72 т, що відповідно в 1,31; 1,56; 1,68 і 1,70 рази більше маси рослинних решток.

Таблиця 1 – Продуктивність і суха маса рослинних решток культур за різних систем удобрення сівозміни, т/га

№ поля	Культура сівозміни	Система удобрення		Урожайність основної продукції	Вихід нетоварної продукції	Суха маса рослинних решток		
		гній	NPK			кореневих	післязби-ральних	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Соя	0	-	1,91	2,68	1,61	1,07	2,68
		1	N ₃₀	2,59	3,70	1,91	1,22	3,13
		2	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	3,01	4,44	2,03	1,30	3,33
		3	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	3,21	4,81	2,13	1,35	3,48
НІР _{0,05}				0,28	0,46	0,20	0,08	-
2	Пшениця озима	0	-	2,75	3,32	2,05	1,53	3,63
		1	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,76	5,82	2,94	1,95	4,89
		2	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	6,14	7,60	3,71	2,27	5,98
		3	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	6,64	8,30	4,12	2,32	6,44
НІР _{0,05}				0,46	0,74	0,32	0,17	-
2	Гірчиця біла на сидерат	0	-	11,02	-	2,32	-	2,32
		1	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	16,83	-	3,25	-	3,25
		2	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	19,85	-	3,68	-	3,68
		3	N ₅₀ P ₆₆ K ₆₆	21,21	-	3,96	-	3,96
НІР _{0,05}				0,93	-	0,35	-	-
3	Кукурудза	0	-	3,36	4,60	2,79	0,71	3,50
		1	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,85	8,39	4,33	1,04	5,37
		2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	7,53	11,13	5,14	1,21	6,35
		3	N ₁₁₀ P ₁₁₀ K ₁₁₀	8,24	12,44	5,77	1,33	7,10
НІР _{0,05}				0,84	1,12	0,46	0,07	-
4	Ячмінь ярий	0	-	2,46	2,73	1,84	1,25	3,09
		1	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,33	5,31	2,81	1,71	4,52
		2	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	5,29	6,66	3,33	2,06	5,39
		3	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	5,80	7,42	3,62	2,19	5,81
НІР _{0,05}				0,47	0,80	0,31	0,21	-
4	Гірчиця біла на сидерат	0	-	12,21	-	2,55	-	2,55
		1	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	18,44	-	3,56	-	3,56
		2	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	21,86	-	4,18	-	4,18
		3	N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	23,37	-	4,50	-	4,50
НІР _{0,05}				1,12	-	0,39	-	-
5	Соняшник	0	-	1,51	2,32	2,25	1,05	3,30
		1	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,54	4,02	3,39	1,37	4,76
		2	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,19	5,17	3,97	1,56	5,53
		3	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	3,52	5,92	4,39	1,64	6,03
НІР _{0,05}				0,40	0,56	0,43	0,14	-

За зростання норм добрив темпи приросту товарної продукції вищі, ніж рослинних решток. Зокрема, за першого, другого і третього рівнів (норм) внесення добрив, порівняно з неудобреними ділянками, приріст товарної продукції становив відповідно 136, 158 і 168 %; кореневих решток – 119, 126 і 132 %; післязбиральних – 114, 121 і 126 % у сої; 173, 223 і 242; 143, 181 і 201; 128, 148 і 152 – пшениці озимої, 174, 224 і 245; 155, 184 і 207; 147, 170 і 187 – кукурудзи, 176, 215 і 236; 153, 181 і 197; 137, 165 і 175 – ячменю ярого, 168, 211 і 233 %; 151, 176 і 195 %; 130, 149 і 156 % – у сояшнику. Аналогічна закономірність спостерігається і у гірчиці білої: приріст зеленої маси становив 153, 180 і 193 % за озимого та 151, 179 і 191 % – ярого попередників, а кореневих решток – відповідно 140, 159 і 171 та 140, 164 і 177 %.

Баланс гумусу в ґрунті додатний лише під гірчицею білою на сидерат, ячменем ярим та на неудобрених ділянках сої. Найбільш напруженим він виявився під агрофітоценозом олійної культури, значно менш від’ємним – під кукурудзою (табл. 2).

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення на гектар ріллі надійшло гумусу відповідно 783, 1091, 1274 і 1380 кг з рослинними рештками, 697, 1058, 1251 і 1338 кг із зеленою масою гірчиці білої, 626, 1090, 1400 і 1556 кг з побічною продукцією, 324 кг з гноєм (на удобрених варіантах), а всього – 2106, 3563, 4249 і 4598 кг. За щорічної мінералізації гумусу по досліджуваних варіантах удобрення 1933, 3214, 4023 і 4385 кг/га його баланс по сівоzmіні додатний: 173, 349, 226 і 212 кг/га. Отже, за відчуження з полів сівоzmіні нетоварної продукції рільництва або ж відсутності вирощування зеленого добрива капустиної культури баланс гумусу буде неминуче від’ємним. У нашому досліді ці два джерела надходження гумусу майже рівноцінні, але за частки післязбиральної гірчиці білої в сівоzmіні 40 %.

Слід зазначити, навіть одне поле проміжного капустиного сидерату в сівоzmіні забезпечить додатний баланс гумусу, однак за використання нетоварної продукції рільництва як органічного добрива.

Це вкотре переконує в необхідності застосовування післязбиральних культур на зелене добриво, зокрема капустиних, в інтенсивних зернопросапних, просапних, плодозмінних, а тим більше зернопарових, зернопаропросапних, паропросапних універсальних і спеціалізованих сівоzmінах [27, 28].

Частка гумусу, що надійшла до ґрунту загалом по сівоzmіні завдяки гуміфікації рослинних решток, сидератів, нетоварної продукції і гною, становила відповідно 37,1; 33,2; 29,0 і 0 % за нульової системи удобрення, 30,6; 29,7; 30,6 і 9,1 – першої, 30,0; 29,5; 32,9 і 7,6 – другої, 30,0; 29,1; 33,8 і 7,1 % – за третьої системи удобрення.

В агрофітоценозах сої, пшениці озимої, сояшнику і ячменю ярого за збільшення норм добрив підвищується частка новоутвореного гумусу з нетоварної продукції і зменшується з рослинних решток. За нульового, першого, другого і третього рівнів удобрення цей показник для рослинних решток становив відповідно 53,5; 49,3; 46,3 і 45,4 % у сої, 52,2; 45,2; 44,0 і 43,7 – пшениці озимої, 49,9; 45,3; 42,8 і 41,6 – сояшнику, 55,5; 48,3; 47,1 і 46,3 % в ячменю ярого. У капустиної рослини за обох попередників він практично на одному рівні – 16–17 %, решту приросту гумусу (83–84 %) забезпечує зелена маса.

У кукурудзи частка новоутвореного гумусу з рослинних решток, нетоварної продукції і гною становила відповідно 43,2; 56,8 і 0 % на неудобрених варіантах, 24,6; 38,4 і 37,0 – удобрених першою нормою добрив, 24,8; 43,5 і 31,7 – другою, 25,7; 45,0 і 29,3 % – удобрених третьою нормою добрив. Отже, на удобрених варіантах частка гумусу з рослинних решток кукурудзи помітно не змінюється (25–26 %), а на неудобрених зростає до 43 %.

На удобрених ділянках загалом по сівоzmіні орієнтовно по 30 % новоутвореного гумусу надходить до ґрунту завдяки гуміфікації рослинних решток нетоварної продукції культур, зеленої маси сидератів, а решта (7–9 %) – гною.

Одним із напрямів екологізації землеробства є комплекс заходів щодо забезпечення оптимального співвідношення органічних і мінеральних добрив. Воно передбачає внесення на кожну тонну органічних добрив до 15 кг діючої речовини мінеральних [5, 17].

На гектар ріллі надійшла така маса органічної речовини: на неудобрених ділянках – 11,3 т (4,2 т решток, 4,6 – сидератів і 2,5 т побічної продукції), за першої системи удобрення – 23,3 т (6 т гною, 5,90 – решток, 7,04 – сидератів і 4,35 – побічної продукції), другої – 26,8 т (6 – гною, 6,89 – решток, 8,33 – сидератів і 5,58 – побічної продукції), за третьої системи удобрення – 28,6 т (6 – гною, 7,47 – решток, 8,90 – сидератів і 6,20 – побічної продукції).

Таблиця 2 – Складові балансу гумусу в орному шарі за різних систем удобрення, кг/га

№ поля	Культура сівозміни	Система удобрення	Винос азоту				Спожито ґрунтового азоту	Мінералізовано гумусу	Утворилося гумусу				Баланс гумусу за використання нетоварної продукції на добриво
			з урахуванням гранулометричного складу ґрунту	з урахуванням гранулометричного складу ґрунту	з урахуванням гранулометричного складу ґрунту	з урахуванням гранулометричного складу ґрунту			рослинних решток	зеленої маси	нетоварної продукції	гною	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Горox	0	136	65	39	56	1120	616	-	536	-	1152	+32
		1	184	88	53	76	1520	720	-	740	-	1460	-60
		2	214	103	62	88	1760	766	-	888	-	1654	-106
		3	228	109	66	94	1875	800	-	962	-	1762	-113
2	Пшениця озима	0	96	92	55	79	1584	726	-	664	-	1390	-194
		1	167	160	96	137	2742	978	-	1164	-	2142	-600
		2	215	206	123	177	3536	1196	-	1520	-	2716	-820
		3	232	223	134	191	3825	1288	-	1660	-	2948	-877
	Гірчича біла на сидерат	0	31	25	15	21	423	348	1653	-	-	2001	+1578
		1	47	38	23	32	646	488	2524	-	-	3012	+2366
		2	56	44	27	38	762	552	2978	-	-	3530	+2768
		3	59	48	29	41	814	594	3182	-	-	3776	+2962
3	Кукурудза	0	114	165	99	141	2820	700	-	920	-	1620	-1200
		1	199	286	172	245	4909	1074	-	1678	1620	4372	-537
		2	256	369	221	316	6320	1270	-	2226	1620	5116	-1204
		3	280	403	242	346	6916	1420	-	2488	1620	5528	-1388
4	Ячміннь ярій	0	62	59	35	51	1012	680	-	546	-	1226	+214
		1	108	104	62	89	1781	994	-	1062	-	2056	+275
		2	132	127	76	109	2176	1186	-	1332	-	2518	+342
		3	145	139	84	119	2386	1278	-	1484	-	2762	+376
	Гірчича біла на сидерат	0	34	27	16	23	469	383	1832	-	-	2215	+1746
		1	52	41	25	35	708	534	2766	-	-	3300	+2592
		2	61	49	29	42	839	627	3279	-	-	3906	+3067
		3	65	52	31	45	897	675	3506	-	-	4181	+3284
5	Соняшник	0	91	130	78	112	2236	462	-	464	-	926	-1310
		1	152	219	132	188	3762	666	-	804	-	1470	-2292
		2	191	276	165	236	4724	774	-	1034	-	1808	-2916
		3	211	304	182	261	5213	844	-	1184	-	2028	-3185

Для перерахунку зеленого добрива і побічної продукції в підстилковий гній ВРХ використовували коефіцієнти відповідно 0,25 і 3,4 [2, 5, 17]. За нашими підрахунками, кожен гектар ріллі експериментальної сівозміни за нульової, першої, другої і третьої досліджуваних систем удобрення отримав відповідно 14,0; 28,5; 34,0 і 36,8 т умовного гною та 0, 150, 248 і 322 кг діючої речовини NPK мінеральних добрив. Індекс екологізації землеробства становив відповідно 0; 5,2; 7,3 і 8,8. Отже, нульова система удобрення забезпечує стан біологічного землеробства, перша і друга – екологічного землеробства, третя – біологізацію галузі.

Слід зазначити, що за внесення більше 15 кг діючої речовини NPK мінеральних туків на одну тонну органічних добрив у ґрунті уповільнюються процеси ґрунотворення і гуміфікації, а за перевищення цього значення понад 20 спостерігається навіть дегуміфікація. Причину цього явища вчені вбачають у диспергації гумусу одновалентними катіонами калію, амонію і натрію мінеральних добрив [17].

Висновки. 1. На неудобрених ділянках, удобрених 6 т/га гною + $N_{54}P_{48}K_{48}$, 6 т/га гною + $N_{92}P_{66}K_{90}$ і 6 т/га гною + $N_{120}P_{92}K_{110}$ суха маса рослинних решток становила відповідно 4,20; 5,90; 6,89 і 7,47 т (з яких частка кореневих 73–76 %), баланс гумусу додатний (відповідно 337; 626; 554 і 604 кг/га), вихід основної продукції – 2,05; 3,45; 4,32 і 4,71 т/га сухої речовини, побічної – 2,50; 4,35; 5,58 і 6,20 т/га сухої речовини, продуктивність сівозміни (основна + побічна продукція) – 4,55; 7,80; 9,90 і 10,91 т/га сухої речовини.

2. Маса рослинних решток основних культур сівозміни перевищує масу урожаю товарної продукції або близька до неї.

3. За збільшення норм добрив підвищується частка нетоварної продукції в загальному урожаї основних культур сівозміни, а приріст товарної продукції вищий, ніж рослинних решток.

4. За відчуження з полів сівозміни побічної продукції або ж за відсутності посівів післяжнивної гірчиці білої на зелене добриво баланс гумусу в чорноземі типовому середньосуглинковому від'ємний. Навіть одного поля сидеральної культури було б достатньо для отримання додатного балансу, однак за умови використання всієї нетоварної продукції як органічного добрива.

5. Найбільш дефіцитний баланс гумусу під соняшником, де щорічні втрати його коливались від 1,3 до 3,2 т/га. Загалом по сівозміні

на удобрених варіантах орієнтовно по 30 % новоутвореного гумусу надходить до ґрунту завдяки гуміфікації рослинних решток, побічної продукції культур і зеленого добрива, а решта (7–9 %) – гною.

6. За використання післяжнивного зеленого добрива у двох полях п'ятипольної сівозміни, побічної продукції рільництва як органічного добрива на неудобрених мінеральними добривами і гноем ділянках стаціонарного дослідження забезпечується стан біологічного землеробства; на удобрених $N_{54}P_{48}K_{48}$ + 6 т/га гною і $N_{92}P_{66}K_{90}$ + 6 т/га гною – стан екологічного землеробства; на удобрених $N_{120}P_{92}K_{110}$ + 6 т/га гною відбувається біологізація землеробської галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства: навч. посібник / І.Д. Примак та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2022. 320 с.
2. Добрива в органічному землеробстві: історія, теорія, практика / І.Д. Примак та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2023. 262 с.
3. Кузін Н.В. Реабілітація деградованих і малопродуктивних земель сільськогосподарського призначення: монографія. Суми: ВВП «Мрія-1», 2016. С. 34–38, 45–47.
4. Яцук І.П., Моклячук Л.І. Екологічні індикатори зеленого зростання сільського господарства: монографія. Київ: ДІА, 2018. С. 156–164.
5. Еволюція систем землеробства в Україні: монографія / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. С. 433–453, 469–479.
6. Балюк С.А., Шимель В.В. Про стан та завдання управління органічним вуглецем ґрунту. Вісник аграрної науки. 2024. № 6. С. 5–13.
7. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М. Концепція досягнення нейтрального рівня деградації земель (ґрунтів) в Україні. Харків, 2018. 32 с.
8. Гангур В.В. Агробіологічні основи формування сівозмін різної ротації в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2019. 54 с.
9. Циліорик 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.
10. 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.
11. Центило Л.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агрофітоценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.

12. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / О.В. Демиденко та ін. Сміла, 2019. 310 с., 342 с.

13. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ: Аграрна наука, 2015. С. 48–49, 185 с.

14. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2014. С. 78–82, 331 с.

15. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія. ЦП «Компринт», 2016. С. 60–85, 280–285.

16. Кудря С.І. Наукові основи формування сталих органічних агроєкосистем у Східному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16. Житомир, 2021. 52 с.

17. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 97–112, 250–264, 274 с.

18. Скрильник Є.В., Гетманенко В.А., Кутова А.М., Товстий Ю.М. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом курячого посліду і компостів на його основі. Вісник аграрної науки. 2022. № 3. С. 5–12.

19. Кривенко А.І. Агробіологічні основи технологій вирощування озимих зернових культур у Південному Степу України: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. С. 63–65, 106–108.

20. Багатченко В. Робимо все, щоб поліпшити родючість ґрунту. Зерно. 2024. № 3. С. 20–22.

21. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / М.В. Присяжнюк та ін. Київ, 2010. 112 с.

22. Скрильник Є. Ставка на ставки. Зерно. 2024. № 3. С. 48–51.

23. Писаренко В., Антоненко А., Лук'яненко Г., Писаренко П. Зняти капелюха ... перед дощовим черв'яком. Зерно. 2024. № 3. С. 36–40.

24. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті / О.О. Бацула та ін. Київ: Урожай, 1987. С. 77–90, 103–106.

25. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко та ін. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

26. Ткаліч Ю.І. Агротехнічні і біологічні заходи підвищення врожайності та контролювання забур'яненості кукурудзи, соняшнику, пшениці озимої в Північному Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2013. 42 с.

27. Продуктивність і удобрювальна цінність післяжнивної гірчиці білої на зелене добриво залежно від попередників, систем основного обробітку і удобрення / І.Д. Примак та ін. Агробіологія. 2021. № 2. С. 124–137.

28. Міщенко Ю.Г. Обґрунтування ефективності елементів органічного землеробства Лівобережного Лісостепу: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпро, 2021. 44 с.

REFERENCES

1. Prymak, I.D., Martyniuk, I.V., Fedoruk, Yu.V., Yezerkovska, L.V., Khakhula, V.S., Kachan, L.M., Hornovska, S.V. (2022). Naukovi osnovy suchasnykh system vitchyznianoho zemlerobstva [Scientific foundations of modern domestic agricultural systems]. Vinnytsia, «TVORY», 320 p.

2. Prymak, I.D., Marchuk, I.U., Martyniuk, I.V., Yezerkovska, L.V., Kulyk, R.M. (2023). Dobryva v orhanichnomu zemlerobstvi: istoriia, teoriia, praktyka [Fertilizers in organic farming: history, theory, practice]. Vinnytsia, «TVORY», 262 p.

3. Kuzin, N.V. (2016). Reabilitatsiia dehradovanykh i maloproduktyvnykh zemel silskohospodarskoho pryznachennia: monohrafiia [Rehabilitation of degraded and low-productive agricultural lands]. Sumy, VVP «Mriia-1», pp. 34–38, pp. 45–47.

4. Yatsuk, I.P., Mokliachuk, L.I. (2018). Ekologichni indykatory zelenoho zrostannia silskoho hospodarstva: monohrafiia [Environmental indicators of green growth in agriculture]. Kyiv, DIA, pp. 156–164.

5. Prymak, I.D., Tsiuk, O.A., Martyniuk, I.V., Filipova, L.M., Livinov, D.V. (2022). Evoliutsiia system zemlerobstva v Ukraini: monohrafiia [Evolution of agricultural systems in Ukraine]. Vinnytsia, TOV «TVORY», pp. 433–453, pp. 469–479.

6. Baliuk, S.A., Shymel, V.V. (2024). Pro stan ta zavdannia upravlinnia orhanichnym vuhletsem gruntu [On the status and objectives of soil organic carbon management]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 6, pp. 5–13.

7. Baliuka, S.A., Medvedieva, V.V., Myroshnychenko, M.M. (2018). Kontseptsiiia dosiahnennia neitralnoho rivnia dehradatsii zemel (gruntiv) v Ukraini [The concept of achieving a neutral level of land (soil) degradation in Ukraine]. Kharkiv, 32 p.

8. Hanhur, V.V. (2019). Agrobiologichni osnovy formuvannia sivozmin riznoi' rotatsii' v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agrobiological grounds of formation of different crop rotations in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine: extended abstract of thesis for obtaining Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Chabany, 54 p.

9. 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 the effectiveness of basic tillage systems in short-rotation crop rotations of the northern Steppe of Ukraine: extended abstract of thesis for obtaining Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Dnipropetrovsk, 41 p.

10. 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 justification and development of measures for the main soil cultivation of the zonal farming system of the Right-Bank Steppe of Ukraine: extended abstract of thesis for obtaining

Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Kyiv, 51 c.

11. Tsentylo, L.V. (2020). Ahroekologichni osnovy vidtvorennia rodiuchosti chornozemu typovoho ta pidvyshchennia produktyvnosti ahrofitotsenoziv Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agroecological foundations of restoring the fertility of typical black soil and increasing the productivity of agrophytocenoses of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: extended abstract of thesis for obtaining Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Kyiv, 41 p.

12. Demydenko, O.V., Boiko, P.I., Blashchuk, M.I., Shapoval, I.S., Kovalenko, N.P. (2019). Sivozminu ta rodjuchist' chornozemu Livoberezhnoho Lisostepu: monografija [Crop rotations and chernozem fertility of the Left-Bank ForestSteppe]. Smila, 310 p., 342 p.

13. Zarishnjak, A.S., Cvej, Ja.P., Ivanina, V.V. (2015). Optimizacija udobrennja ta rodjuchosti gruntu v sivozminah [Optimization of fertilizer and soil fertility in crop rotations]. Kyiv, Agricultural science, pp. 48–49, 185 p.

14. Tsvei, Ya.P. (2014). Rodjuchist' gruntiv i produktyvnist' sivozmin: monografija [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv, Komprint, pp. 78–87, 331 p.

15. Ivanina, V.V. (2016). Biologizacija udobrennja kul'tur u sivozminah: monografija [Biologization of crops fertilizers for crop rotations]. Kyiv, Komprint, pp. 63–82, pp. 282–283.

17. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva: monografija [Scientific grounds of farming systems]. Vinnytsia, Nilan-LTD, pp. 97–112, pp. 250–264, 274 p.

18. Skrylnyk, Y.V., Hetmanenko, V.A., Kutova, A.M., Tovsty, Yu.M. (2022). Balans humusu v chornozemi opidzolenomu vazhkosuhlynkovomu pid vplyvom kuriachoho poslidu i kompostiv na yoho osnovi [Humus balance of podzolized heavy loamy chernozem under chicken manure influence and composts based on it]. Visnyk ahraryoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 3, pp. 5–12.

19. Kryvenko, A.I. (2018). Agrobiologichni osnovy tekhnologii vyroshchuvannia ozymykh zernovykh kul'tur u Pivdennomu Stepu Ukrainy: monografija [Agrobiological grounds of winter small-grain crops production technologies in Southern Steppe of Ukraine]. Vinnytsia, Nilan- LTD, pp. 106–108.

20. Bahatchenko, V. (2024). Robymo vse, shchob polipshyti rodiuchist' gruntu [We are doing everything to improve soil fertility]. Zerno [Grain]. no. 3, pp. 20–22.

21. Prysiazhniuk, M.V. (2010). Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy [National report on the state of soil fertility in Ukraine]. Kyiv, 112 p.

21. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., Tarariko, O.H., Hrekov, V.O., Balaiev, A.D. (2010). Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy [National report on the state of soil fertility in Ukraine]. Kyiv, Min APU, 112 p.

22. Skrylnyk, Ye. (2024). Stavka na stavky [A bet on bets]. Zerno [Grain]. no. 3, pp. 48–51.

23. Pysarenko, V., Antonets, A., Lukianenko, H., Pysarenko, P. (2024). Zniaty kapeliukha ... pered doshchovym cherviakom [Take your hat off... to the earthworm]. Zerno [Grain]. no. 3, pp. 36–40.

24. Batsula, O.O., Holovachov, Ye.A., Derevianko, R.H. (1987). Zabezpechennia bezdefitsytnoho balansu humusu v grunti [Ensuring a deficit-free balance of humus in the soil]. Kyiv, Harvest, pp. 77–90, pp. 103–106.

25. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Optyshko, V.P., Kostohryz, P.V. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PP «TD Edelveis i K», 332 p.

26. Tkach, Yu.I. (2013). Ahrotekhnichni i biolohichni zakhody pidvyshchennia vrozhaivosti ta kontroliuvannia zaburianenosti kukurudzy, soniashnyku, pshenytsi ozymoi v Pivnichnomu Stepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agrotechnical and biological measures to increase yield and control weeds in corn, sunflower, and winter wheat in the Northern Steppe of Ukraine: extended abstract of thesis for obtaining Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Dnipropetrovsk, 42 p.

27. Prymak, I.D., Panchenko, O.B., Panchenko, I.A., Fedoruk, Yu.V., Obrazhii, S.V., Voitovyk, M.V., Prysiazhniuk, N.M. (2021). Produktyvnist i udobriuvalna tsinnist pisliazhnyvoi harchytsi biloi na zelene dobrovo zalezno vid poperednykiv, system osnovnoho obrobitku i udobrennia [Productivity and fertilizing value of post-harvest white mustard for green manure depending on predecessors, main cultivation systems and fertilization]. Ahrobiologiya [Agrobiology]. no. 2, pp. 124–137.

28. Mishchenko, Yu.H. (2021). Obgruntuvannia efektyvnosti elementiv orhanichnoho zemlerobstva Livoberezhnoho Lisostepu: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Substantiation of the effectiveness of elements of organic farming in the Left Bank Forest-Steppe: extended abstract of thesis for obtaining Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Dnipro, 44 p.

Biologization of fertilization systems of grain-row crop rotation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Prymak I., Voitovyk M., Ustynova H., Obrazhii S., Panchenko O.

In three-year (2021–2023) studies in stationary grain-rowed five-field crop rotation on the experimental field of Bila Tserkva National Agricultural University, on unfertilized plots fertilized with 6 t/h of manure + $N_{54}P_{48}K_{48}$, 6 t/ha of manure + $N_{92}P_{66}K_{90}$ and 6 t/h of manure + $N_{120}P_{92}K_{110}$, the dry mass of plant residues was 4.20; 5.90; 6.89 and 7.47 t, respectively (of which the share of roots is 73–76%), the humus balance is positive (337, 626, 554 and 604 kg/h, respectively), main product output is 2.05; 3.45; 4.32 and 4.71 t/h of dry matter, by-products –

2.50; 4.35; 5.58 and 6.20 t/h of dry matter, crop rotation productivity (main + byproducts) – 4.55; 7.80; 9.90 and 10.91 t/h of dry matter.

Plant residues mass of the main crops of the crop rotation exceeds the mass of the harvest weight of marketable products or close to it.

With an increase in fertilizer rates, the share of non-marketable products in the total yield of main crops of the crop rotation increases, and marketable products gain is higher than plant residues.

With the alienation of by-products from the fields of the crop rotation or in the absence of post-harvest white mustard sowings for green manure, the humus balance in typical medium-loamy black soil is negative. Even one field of sideral crops would be enough to obtain a positive balance, but provided that all non-marketable products are used as organic fertilizer.

The most deficient balance of humus under sunflower, where its annual losses ranged from 1.3 to 3.2 t/h. In general, in the crop rotation on fertilized variants, approximately 30 % of newly formed humus enters the soil due to humification of plant residues, crop by-products and green manure, and the rest (7–9 %) – manure.

When byproducts are removed from crop rotation fields or when there are no post-harvest white mustard crops for green manure, the humus balance in typical medium-loamy chernozem is negative. Even one field of green manure crops would be enough to obtain a positive balance, but with the use of all non-marketable products as organic fertilizer.

The most deficient balance of humus was observed under sunflower, where annual losses ranged from 1.3 to 3.2 t/ha. In general, in crop rotation on fertilized variants, approximately 30 % of humus re-enters the soil due to humification of plant residues, byproducts of crops and green manure, and the rest (7–9 %) – manure.

When using post-harvest green manure in two fields of a five-field crop rotation, byproducts of agriculture as organic fertilizer on the stationary experiment plots not fertilized with mineral fertilizers and manure, the state of biological agriculture is observed; on fertilized $N_{54}P_{48}K_{48} + 6$ t/ha of manure and $N_{92}P_{66}K_{90} + 6$ t/ha of manure – the state of ecological farming; on fertilized $N_{120}P_{92}K_{110} + 6$ t/h of manure, biologization of the agricultural sector occurs.

Key words: soil, crop rotation, fertilization system, crop residues, humus balance, non-market products, harvest, ecologization.



Copyright: Примак І.Д. 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:

Примак І.Д.

Войтовик М.В.

Устинова Г.Л.

Образій С.В.

Панченко О.Б.

<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>

<https://orcid.org/0000-0002-8604-2193>

<https://orcid.org/0000-0002-3056-358X>

<https://orcid.org/0000-0002-30532-6655>

<https://orcid.org/0000-0001-8130-0811>



АГРОНОМІЯ

УДК [631.8:633.854.78] (477.7)

Динаміка формування повітряно-сухої маси рослин гібридів соняшнику різних груп стиглості за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень в умовах Північно-Східного Степу УкраїниРожков А.О. , Роєнко В.Т. 

Державний біотехнологічний університет

 zms19760403@ukr.net

Рожков А.О., Роєнко В.Т. Динаміка формування повітряно-сухої маси рослин гібридів соняшнику різних груп стиглості за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень в умовах Північно-Східного Степу України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 141–152.

Rozhkov A., Roenko V. Dynamics of formation of air-dry mass of sunflower hybrids of different ripeness groups under the influence of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization in the conditions of the North-Eastern Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 141–152.

Рукопис отримано: 11.02.2025 р.

Прийнято: 26.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-1-141-152

У статті наведено результати досліджень щодо впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень на формування повітряно-сухої маси рослин гібридів соняшнику різних груп стиглості в умовах Північно-Східного Степу України. Дослідження проводили в 2023, 2024 рр. на базі Фермерського господарства «АГРО-2011» Близнюківського району Харківської області.

Двофакторний польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Ділянками першого порядку були три гібриди соняшнику, другого порядку – десять варіантів передпосівної обробки насіння і позакоренових підживлень різними сполученнями стимуляторів росту і комплексних мікродобрив. Площа посівної ділянки становила 112,0 м², облікової – 73,5 м².

Аналіз отриманих результатів виявив істотний вплив сумісного застосування стимуляторів росту й мікродобрив на формування вищої повітряно-сухої маси рослин соняшнику. За проведення передпосівної обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте і трьох позакоренових підживлень сумішшю на основі стимуляторів росту Регоплант і Фульвітал Плюс з мікродобривом «LF-соняшник» відмічено формування істотно вищої повітряно-сухої маси рослин соняшнику в усі фази. У фазу повної стиглості насіння в гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол у цьому варіанті вона в середньому становила 671,3; 684,0 і 671,9 г/м², що на 11,2; 8,8 і 9,4 % відповідно більше, ніж на контролі.

Високі показники повітряно-сухої маси рослин всіх гібридів соняшнику також відмічено у варіанті з проведенням двох позакоренових підживлень сумішшю на основі Регопланта, Фульвіталу Плюс і мікродобрива «LF-соняшник». У цьому варіанті повітряно-суха маса рослин була також істотно вищою, ніж на контролі і статистично не відрізнялася від варіанта де проводили три позакоренові підживлення аналогічною сумішшю. Отже, враховуючи додаткові витрати на проведення третього підживлення, з погляду формування показників повітряно-сухої маси рослин, воно було недоцільним.

Ключові слова: соняшник, гібриди, стимулятори росту, мікродобрива, повітряно-суха маса, передпосівна обробка насіння, позакоренові підживлення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соняшник є однією з найрентабельніших культур, з його реалізацією не виникає питань і будь-які партії насіння за високою ціною закупаються країни ЄС і Азії. Тож, логічно постає питання збільшення валового виробництва насіння соняшнику, водночас обговорюється питання щодо зменшення площ під ним.

Вирішити це питання можна завдяки застосуванню відповідних заходів, які забезпечують повніше розкриття його генетичного потенціалу. Для цього слід застосовувати технологічні рішення та речовини, що позитивно впливають на життєдіяльність рослин і посівів соняшнику як цілісної біологічної системи. Поряд із впровадженням у виробництво нових високопродуктивних гібридів, важливе значення мають стимулятори росту нового покоління та комплексні мікродобрива зі збалансованим набором елементів мінерального живлення [1, 2].

Донедавна високою вважалась врожайність насіння соняшнику на рівні 1,8–2,0 т/га, однак зараз навіть 3,0–3,5 т/га незначним показником. Генетичний потенціал продуктивності соняшнику досить високий. За оптимізації технології вирощування та сприятливих погодних умов можна отримувати 4,5–5,0 т/га насіння, а то і більше. Сучасний рекорд урожайності насіння соняшнику становить 6,21 т/га і це не межа. На демополі компанії «Райз» в селищі Вили Полтавської області в 2016 р. зібрали 5,5 т/га насіння в перерахунку на стандартну вологість [3]. Ці показники мають стимулювати аграрні підприємства приділяти більшої уваги оптимізації технології вирощування, аби отримувати вищу врожайність насіння соняшнику.

У степових і лісостепових районах основним чинником, обмежуючим ефективність виробництва соняшнику, є несприятливі погодні умови, а саме: дефіцит опадів і високі температури – понад 27 °С. Унаслідок глобальних кліматичних змін, негативний вплив цих чинників і надалі зростає. Водночас, агрокліматичний потенціал цих районів дозволяє отримувати врожайність насіння соняшнику в переважній більшості років на рівні 3,0 т/га і більше [4].

Для зменшення залежності врожайності соняшнику від погодних умов, акцентувати увагу слід саме на елементах агротехніки, здатних нівелювати їх негативний вплив. Зокрема, важливе місце належить передпосівній обробці насіння та підживленню рослин

стимуляторами росту й комплексними добривами нового покоління, які активізують ріст коренів і надземної вегетативної маси рослин, посилюють їх стійкість до комплексу несприятливих чинників, зокрема до посухи і високих температур, зменшують дефіцит поживних елементів завдяки активізації роботи екосистеми ґрунту, в результаті чого підвищується рівень реалізації генетичного потенціалу продуктивності рослин.

Отже, наукове обґрунтування і розробка практичних заходів вирощування соняшнику на основі використання можливостей стимуляторів росту нового покоління та водорозчинних мікродобрив є актуальним напрямом досліджень і має важливе практичне значення насамперед для районів недостатнього і нестабільного зволоження з високими температурними показниками.

У формуванні насіннєвої продуктивності рослин ключове значення має їх надземна вегетативна маса, тож вживання заходів спрямованих на її збільшення є необхідною складовою отримання високої врожайності [5]. За показниками приросту вегетативної маси, який характеризує внутрішні процеси в рослині, можна судити про вплив конкретних чинників на рослини [6].

Урожайність насіння соняшнику тісно прямо корелює з величиною вегетативної маси рослин. Більша вегетативна маса забезпечує більшу площу листової поверхні, в якій відповідно міститься більше поживних речовин для формування репродуктивних органів, а отже – створюються кращі передумови для повнішої реалізації генетичного потенціалу продуктивності культури [7, 8].

Інтенсивність наростання вегетативної маси рослин визначається рівнем вологозабезпеченості та доступністю елементів мінерального живлення. Економні витрати вологи в умовах посухи та безперебійне надходження поживних елементів має важливе значення у формуванні вегетативної маси рослин соняшнику вже з початку їх росту та розвитку [9–11].

Вирішити це питання допомагають позакореневі підживлення сумішами на основі стимуляторів росту. Значний їх вплив на формування більшої надземної маси рослин відмічає науковець О.П. Козлова, наголошуючи, що збільшується не лише вегетативна маса рослин, а також змінюється співвідношення між вегетативною і генеративною частиною в бік останньої [12, 13].

Вплив стимуляторів росту на формування більшої вегетативної маси рослин

обумовлений тим, що вони активізують життєдіяльність клітин рослин, підвищують проникність міжклітинних мембран та інтенсифікують у них біохімічні процеси, у результаті чого прискорюються процеси фотосинтезу, живлення, забезпечується повніше розкриття біологічного потенціалу рослин [2, 14, 15].

На сьогодні накопичено значний обсяг матеріалу стосовно впливу погодних умов і окремих елементів технології вирощування на процеси формування надземної маси рослин соняшнику [16–21]. Водночас, недостатньо вивченим залишається питання впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень стимуляторами росту нового покоління на динаміку формування повітряно-сухої маси рослин. Одним із ключових напрямів дії цих препаратів є активізація росту вегетативної маси рослин [22, 23].

Впровадження в технологію вирощування стимуляторів росту та комплексних водорозчинних добрив нового покоління є одним із важелів інтенсифікації процесів у рослинах і підвищення їх опору комплексу несприятливих чинників, результатам чого є активізація наростання вегетативної маси, збільшення асиміляційної поверхні рослин, підвищення врожайності та якості насіння [24].

Отже, враховуючи недостатню вивченість впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень інноваційними стимуляторами росту, зокрема в сполученні з комплексними водорозчинними добривами нового покоління на динаміку формування повітряно-сухої маси рослин соняшнику, **мета дослідження** полягала саме у вирішенні цих питань.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в 2023, 2024 рр. на базі Фермерського господарства «АГРО-2011» Близнюківського району Харківської області. Технологія вирощування соняшнику за виключенням досліджуваних питань, була загальноприйнятою для району проведення досліджень.

Попередником у досліді була парова пшениця м'яка озима, під яку вносили $N_{120}P_{60}K_{30}$. Одразу після її збирання поле двічі дискували і через два тижні орали на глибину 25–27 см. Під передпосівну культивування вносили 160 кг/га діамофосу, що еквівалентно внесенню $N_{30}P_{75}$. Разом із сівбою в рядки вносили карбамід у дозі 70 кг/га, що еквівалентно внесенню N_{30} в амідній формі.

У 2023 р. дослід закладали 5-го травня, в 2024 р. – 14-го травня. Насіння висівали широкорядним способом з міжряддям 70 см

нормою – 50 тис. шт./га на глибину 5,0–7,0 см. Одразу після сівби вносили ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ ГОЛД і проводили прикопування. У фазу третьої пари листків вносили грамініцид – Міура для контролю злакових бур'янів.

Двофакторний польовий дослід заклали методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Ділянками першого порядку (чинник *A*) були три гібриди соняшнику: 1 – Сі Честер (ранньостиглий, лінолевий); 2 – Конкорд (середньоранній, олійний); 3 – Террасол (ранньостиглий, високоолійний). Ділянками другого порядку (чинник *B*) були 10 варіантів застосування стимуляторів росту і комплексних водорозчинних добрив. Зміст варіантів представлено на схемі. Площа посівної і облікової ділянок дослідів становила 112,0 і 73,5 м² відповідно.

У роки досліджень кількість опадів і їх розподіл за вегетацію рослин значно відхилялася від кліматичної норми, що суттєво позначалося на їх рості та розвитку. Умови зволоження в 2023 р. загалом були сприятливі для соняшнику. У квітні випало понад 120 мм вологи завдяки чому, незважаючи на дефіцит опадів у перші дві декади травня, у верхньому шарі ґрунту було достатньо вологи для проростання насіння та початкових етапів росту і розвитку рослин. У подальшому рослини не відчували дефіциту вологи фактично до збирання врожаю. За літній період у сумі випало 232 мм опадів, їх розподіл був достатньо рівномірний, зокрема, у червні, липні та серпні випало 91, 87 і 54 мм опадів відповідно. Достатня кількість вологи на фоні сприятливого температурного режиму створювали достатньо «комфортні» умови для росту і розвитку рослин та формування високої врожайності насіння соняшнику.

Погодні умови 2024 р., як за температурними показниками, так і кількістю опадів були вкрай несприятливими для росту та розвитку соняшнику. За вегетацію рослин (з третьої декади травня до збирання врожаю) випало 52 мм опадів і це при тому, що для формування однієї тонни насіння рослинам потрібно близько 90–100 мм вологи. Дефіцит опадів посилювався аномально високими температурами впродовж першої декади червня, яка в денні години сягала 32 °С та під час другої і третьої декад липня (іноді температура вдень сягала 38 °С знижуючись вночі до 30–31 °С). Критичну ситуацію з дефіцитом опадів дещо нівелювали опади за період із січня до травня (у сумі – 220 мм).

Схема варіантів чинника В

Варіант	Обробка насіння	Фази росту та розвитку за класифікацією ВВСН	
		12–14 і 35–37 (два внесення)	51–53
1 (контроль)	–	–	–
2	Гуміфілд	–	–
3	те саме	Регоплан (50 мл/га)	–
4	– // –	Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	–
5	– // –	Регоплан (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	–
6	– // –	Регоплан (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га) + «LF-соняшник» (1,5 л/га)	–
7	– // –	Регоплан (50 мл/га)	Регоплан (50 мл/га)
8	– // –	Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	Фульвітал Плюс (0,4 л/га)
9	– // –	Регоплан (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га)	Регоплан (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га)
10	– // –	Регоплан (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га) + «LF-соняшник» (1,5 л/га)	Регоплан (50 мл/га) + Фульвітал Плюс (0,4 л/га) + «LF-соняшник» (1,5 л/га)

Отже, як за температурою, так і кількістю опадів та їх розподілом, погодні умови під час вегетації рослин соняшнику були доволі контрастними, що вплинуло на їх ріст та розвиток. Загалом, це дало можливість більш повно визначити вплив досліджуваних варіантів застосування інноваційних стимуляторів росту і комплексних водорозчинних добрив на параметри густоти рослин гібридів соняшнику різних груп стиглості.

Новітній стимулятор росту – *Регоплант* належить до серії полі-компонентних препаратів, до складу якого входять: комплекс біоактивних сполук (продукти життєдіяльності грибів-міксоміцетів, полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів ауксинової і цитокінінової природи); комплекс біогенних елементів (В, Cu, Mn, Zn, Co, Fe, Mo); калієва сіль альфа-нафтилоцтової кислоти; аверсектін 3 – продукти життєдіяльності актиноміцету *Streptomyces avermitilis*. Рекомендована доза внесення Регопланта – 50 мл/га.

Стимулятор росту – *Фульвітал Плюс* призначений для покращення живлення рослин. Його активною основою є фульвові кислоти. Також до його складу входить комплекс біогенних елементів, а саме – S, Fe, Mn, Mg, Zn, Cu. Важливою перевагою цього продукту є його кисла реакція середовища (рН – 4,8). Рекомендована доза внесення в позакореневе підживлення – 0,30–0,45 л/га.

Інноваційний стимулятор проростання насіння – *Гуміфілд Форте Брікс* містить у своєму складі солі гумінових кислот (гумінові та фульвові), амінокислоти, екстракт морських водоростей, природні фітогормони, комплекс

мікроелементів. Рекомендована доза для передпосівної обробки насіння – 0,8 л/т.

Комплексне водорозчинне добриво 3-го покоління – «*LF-соняшник*» розроблене спеціально для позакореневих підживлень соняшнику. До його складу входить збалансований комплекс макро- та мікроелементів – N, K, S, Mg, Cu, Fe, B, Mn, Zn, Mo і Co. Добриво також містить амінокислоти, органічні кислоти і вітаміни. Ряд елементів (K, Cu, Fe, Mn, Zn) хелатовані EDTA, а такі елементи як Mg, B, Mo і Co – амінокислотами. рН добрива слабкокислий – 6,5. Рекомендована доза внесення в позакореневе підживлення – 1,0–2,0 л/га.

Закладання досліду, спостереження, обліки, вимірювання і статистичний аналіз отриманих результатів проводили за поширеними методиками [25].

Результати дослідження та обговорення. Аналіз отриманих результатів виявив істотний вплив комплексного застосування досліджуваних стимуляторів росту й комплексних водорозчинних добрив на формування вищих показників повітряно-сухої маси рослин досліджуваних гібридів соняшнику.

На початку росту стебла найбільша повітряно-суха маса рослин соняшнику з 1 м² була у варіанті передпосівної обробки насіння і двох позакореневих підживлень сумішшю досліджуваних стимуляторів росту з комплексним добривом «*LF-соняшник*». У середньому за роками, в гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол вона становила 41,2; 38,4 і 41,5 г/м² відповідно, що на 3,0 г/м² (7,9 %), 2,1 г/м² (5,9 %) і 2,6 г/м² (6,7 %) вище, ніж на контролі (табл. 1).

Різниця за показниками повітряно-сухої маси однієї рослини була значно меншою і за впливу чинника *B* статистично не доведена. Водночас спостерігали позитивну тенденцію її збільшення на варіантах передпосівної обробки насіння з подальшим проведенням позакоренових підживлень. Повітряно-суха маса однієї рослини соняшнику підвищувалася на 1,0–2,0 %.

Більша розбіжність між повітряно-сухою масою рослин з 1 м², ніж між повітряно-сухою масою однієї рослини на початку фази росту стебла зумовлена більшою густотою сходів і виживаністю рослин на час цієї фази.

У фазу «зірочки» всі варіанти чинника *B*, зокрема і варіант де проводили лише передпосівну обробку насіння, забезпечували формування істотно вищої повітряно-сухої маси рослин соняшнику порівняно з контролем. Найвищою вона була у варіанті поєднання передпосівної обробки насіння з двома позакореновими підживленнями досліджуваною сумішню стимуляторів росту з комплексним водорозчинним добривом «*LF-соняшник*». У середньому за роками в гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол вона становила 111,3; 112,8 і 113,5 г/м² відповідно, що на 7,5 г/м² (7,2 %), 6,0 г/м² (5,6 %) і 6,3 г/м² (5,9 %) менше, ніж на контролі (табл. 2).

Додавання до бакової суміші стимуляторів росту комплексного водорозчинного добрива «*LF-соняшник*» не забезпечувало істотного підвищення повітряно-сухої маси рослин, однак відмічали позитивну тенденцію її збільшення. Зокрема, повітряно-суха маса рослин за умови додавання до бакової

суміші цього продукту порівняно з п'ятим варіантом цього чинника в середньому за роками і гібридами зростала на 1,0 г/м² (0,9 %).

Як і під час попередньої фази, у фазі «зірочки» вплив варіантів чинника *B* на повітряно-суху масу однієї рослини був значно менший, ніж на повітряно-суху масу рослин з 1 м². Істотної різниці між показниками повітряно-сухої маси однієї рослини на варіантах чинника *B* не було. Проте спостерігалася тенденція її підвищення. Зокрема, у шостому варіанті повітряно-суха маса однієї рослини всіх гібридів у середньому була на 0,6 г (2,1–2,2 %) більшою, ніж на контролі.

Різниця між повітряно-сухою масою рослин досліджуваних гібридів соняшнику на відміну від попередньої фази, у фазу «зірочки» була значно меншою. Повільніше наростання вегетативної маси до початку видовження стебла в гібрида Конкорд компенсувалося в період між 31-ю і 51-ю мікрофазами. У середньому за роками і варіантами чинника *B*, суха маса однієї рослини гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол у цю фазу становила 27,5 г, 28,3 і 28,1 г відповідно.

Починаючи з фази цвітіння облік повітряно-сухої маси рослин проводили вже і на варіантах з трьома позакореновими підживленнями. Саме у варіанті проведення трьох позакоренових підживлень сумішню досліджуваних стимуляторів росту з комплексним мікродобривом «*LF-соняшник*» відмічено найвищу повітряно-суху масу рослин. У середньому за два роки, в гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол вона становила 307,2; 309,0 і 303,7 г/м², що на 8,6; 6,6 і 6,8 % відповідно більше, порівняно з контролем (табл. 3).

Таблиця 1 – Повітряно-суха маса рослин соняшнику досліджуваних гібридів на початку росту стебла (31-ша мікрофаза) за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень у середньому за 2023, 2024 рр., г

Варіант обробки насіння та підживлень (чинник <i>B</i>)	Гібрид (чинник <i>A</i>)			Середнє
	Сі Честер	Конкорд	Террасол	
I*	38,2/9,9	36,3/9,6	38,9/10,1	37,8/9,9
II	39,7/10,0	37,6/9,6	40,3/10,2	39,2/9,9
III	40,8/10,2	38,3/9,8	41,2/10,4	40,1/10,1
IV	40,7/10,1	38,1/9,7	40,5/10,2	39,8/10,0
V	40,9/10,2	38,3/9,8	41,2/10,4	40,1/10,1
VI	41,2/10,2	38,4/9,8	41,5/10,4	40,4/10,1
Середнє	40,3/10,1	37,8/9,7	40,6/10,3	39,6/10,0
НІР ₀₅ головного ефекту <i>A</i> – (1,2–1,3)/(0,2–0,3); НІР ₀₅ головного ефекту <i>B</i> – (1,2–1,3)/ $F_{\phi} < F_m$; НІР ₀₅ порівнянь <i>A</i> по <i>B</i> – (1,2–1,4)/0,3; НІР ₀₅ порівнянь <i>B</i> по <i>A</i> – (1,3–1,4)/ $F_{\phi} < F_m$.				

Примітка: * – зміст варіантів чинника *B* наведено в пункті – Матеріал і методи дослідження; ** – у чисельнику – повітряно-суха маса рослин з 1 м², у знаменнику – повітряно-суха маса однієї рослини.

Таблиця 2 – Повітряно-суха маса рослин соняшнику досліджуваних гібридів на початку бутонізації (51-ша мікрофаза) за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень у середньому за 2023, 2024 рр., г

Варіант обробки насіння та підживлень (чинник B)	Гібрид (чинник A)			Середнє
	Сі Честер	Конкорд	Террасол	
I*	103,8/27,1	106,8/28,0	107,2/27,7	105,9/27,6
II	108,0/27,4	110,4/28,2	110,6/27,9	109,7/27,8
III	110,1/27,6	111,9/28,0	112,2/28,2	111,4/27,9
IV	110,1/27,5	111,3/28,4	111,7/28,2	111,0/28,0
V	110,4/27,7	112,0/28,5	112,0/28,2	111,5/28,1
VI	111,3/27,7	112,8/28,6	113,5/28,3	112,5/28,2
Середнє	109,0/27,5	110,9/28,3	111,2/28,1	110,4/28,0
НІР_{05} головного ефекту $A - F_{\phi} < F_{\phi}^m / F_{\phi} < F_m^*$; НІР_{05} головного ефекту $B - (3,3-3,8) / F_{\phi} < F_m^*$; НІР_{05} порівнянь A по $B - F_{\phi}^m / F_{\phi} < F_m^*$; НІР_{05} порівнянь B по $A - (3,6-4,5) / F_{\phi} < F_m^*$.				

Примітка: * – зміст варіантів чинника B наведено в пункті – Матеріал і методи дослідження; ** – у чистельнику – повітряно-суха маса рослин з 1 м², у знаменнику – повітряно-суха маса однієї рослини.

Таблиця 3 – Повітряно-суха маса рослин соняшнику досліджуваних гібридів на початку цвітіння (61-ша мікрофаза) за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень у середньому за 2023, 2024 рр., г

Варіант обробки насіння та підживлень (чинник B)	Гібрид (чинник A)			Середнє
	Сі Честер	Конкорд	Террасол	
I*	282,8/73,9	289,8/75,9	284,3/73,5	285,6/74,3
II	294,0/74,4	299,6/76,4	293,4/74,1	295,7/75,0
III	300,9/75,5	304,2/77,5	298,1/74,9	301,1/76,0
IV	301,3/75,3	303,4/77,3	296,3/74,7	300,3/75,8
V	301,7/75,6	304,9/77,6	297,8/75,1	301,5/76,1
VI	305,6/76,0	308,0/78,0	302,3/75,5	305,3/76,5
VII	303,5/75,7	308,4/77,7	298,4/75,2	303,4/76,2
VIII	303,2/75,6	305,6/77,5	298,0/74,7	302,3/75,9
IX	302,0/75,5	306,7/77,8	300,3/75,3	303,0/76,2
X	307,2/76,1	309,0/78,3	303,7/75,6	306,6/76,7
Середнє	300,2/75,4	304,0/77,4	297,3/74,9	300,5/75,9
НІР_{05} головного ефекту $A - (8,5-9,8) / (2,4-2,5)$; НІР_{05} головного ефекту $B - (8,7-9,8) / F_{\phi} < F_m^*$; НІР_{05} порівнянь A по $B - (9,0-10,1) / (2,5-2,6)$; НІР_{05} порівнянь B по $A - (9,3-10,4) / F_{\phi} < F_m^*$.				

Примітка: * – зміст варіантів чинника B наведено в пункті – Матеріал і методи дослідження; ** – у чистельнику – повітряно-суха маса рослин з 1 м², у знаменнику – повітряно-суха маса однієї рослини.

Проведення третього позакоренового підживлення за повітряно-сухою масою рослин не мало переваги порівняно з двома підживленнями аналогічними сумішами, проте відмічали позитивну тенденцію формування більшої повітряно-сухої маси рослин з 1 м² всіх досліджуваних гібридів. Зокрема, в гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол у середньому за роками в 10-му варіанті вона була на 1,6 г/м² (0,5 %), 1,0 г/м² (0,3 %) і 1,4 г/м² (0,5 %) вищою, ніж у варіанті проведення двох позакоренових підживлень аналогічною сумішшю препаратів.

Істотна розбіжність між повітряно-сухою масою гібридів соняшнику з 1 м² на початку

цвітіння за впливу чинника B була пов'язана як з формуванням більшої повітряно-сухої маси рослин, так і виживанням більшої їх кількості на цей час. Водночас між повітряно-сухою масою однієї рослини істотної різниці не спостерігали, хоча вона була дещо більшою, ніж у попередні фази. Зокрема, на початку росту стебла і під час фази «зірочки», повітряно-суха маса однієї рослини порівняно з контролем у середньому за роками і гібридами найбільше зростала на 2,0 і 2,2 % відповідно, тимчасом на початку фази цвітіння – на 3,3 %.

Істотної різниці між гібридами соняшнику за показниками повітряно-сухої маси рослин на початку фази цвітіння не встановлено.

Неістотно вищою вона була в гібрида Конкорд, який має довшу тривалість вегетації (у попередні фази за цим показником він, навпаки, поступався гібридам Сі Честер і Террасол).

Найвищу повітряно-суху масу рослин у фазу перестиглості – 684,0 г/м², формували середньоранній гібрид соняшнику Конкорд у варіанті сполучення передпосівної обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте з трьома позакореновими підживленнями розчином стимуляторів Регоплант і Фульвітал Плюс з комплексним мікродобривом «LF-соняшник». Приріст показника порівняно з контролем становив 55,4 г/м² або 8,8 % (табл. 4).

сухої маси однієї рослини, варіанти чинника В забезпечували вищу їх виживаність на момент фази перестиглості.

Отримані результати загалом узгоджуються з результатами отриманими дослідником Є.О. Домарацьким та ін. [24]. Зокрема, у проведених ними в 2016–2018 рр. дослідках, повітряно-суха маса рослин у варіанті обробки насіння й підживлення посівів стимулятором росту Агrostимулін у суміші з біофунгіцидом Фітоспорин у фазі цвітіння, формування насіння і повної стиглості становила 310; 522 і 875 г/м², що на 14,3, 7,1 і 7,3 % відповідно вище, ніж на контролі.

Таблиця 4 – Повітряно-суха маса рослин соняшнику досліджуваних гібридів у фазу перестиглості (92-га мікрофаза) за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень у середньому за 2023, 2024 рр., г

Варіант обробки насіння та підживлень (чинник В)	Гібрид (чинник А)			Середнє
	Сі Честер	Конкорд	Террасол	
I*	603,5/160,6	628,6/168,6	620,7/162,8	617,6/164,0
II	631,6/162,3	656,4/171,0	647,5/165,6	645,2/166,3
III	644,9/164,0	661,1/171,9	655,5/167,4	653,8/167,8
IV	650,0/164,6	660,2/171,4	653,7/166,8	654,6/167,6
V	650,8/165,2	662,9/172,0	662,3/168,4	658,7/168,5
VI	665,5/167,2	676,4/174,2	673,2/169,9	671,7/170,4
VII	647,6/164,5	666,4/172,7	658,5/167,3	657,5/168,2
VIII	650,0/164,0	664,2/172,2	665,2/168,5	659,8/168,2
IX	655,4/165,8	671,9/173,6	668,1/168,9	665,1/169,4
X	671,3/168,1	684,0/176,0	679,1/170,6	678,1/171,6
Середнє	647,1/164,6	663,2/172,4	658,4/167,6	656,2/168,2
НІР ₀₅ головного ефекту А – (13,5–16,9)/(4,1–4,8); НІР ₀₅ головного ефекту В – (15,2–18,7)/(4,4–5,2); НІР ₀₅ порівнянь А по В – (16,4–19,4)/(4,3–5,2); НІР ₀₅ порівнянь В по А – (17,1–21,8)/(4,8–5,5).				

Примітка: * – зміст варіантів чинника В наведено в пункті – Матеріал і методи дослідження; ** – у чисельнику – повітряно-суха маса рослин з 1 м², у знаменнику – повітряно-суха маса однієї рослини.

Високу ефективність також показав варіант з проведенням двох позакоренових підживлень аналогічною сумішшю. Повітряно-суха маса з 1 м² у гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол у цьому варіанті також істотно перевищувала контроль і лише на 0,9; 1,1 і 0,9 % була відповідно меншою порівняно з варіантом з трьома позакореновими підживленнями.

Вплив досліджуваних варіантів обробки насіння і позакоренових підживлень на повітряно-суху масу рослин з одиниці площі був вищим, ніж на повітряно-суху масу однієї рослини, оскільки, одночасно з позитивним впливом власне на збільшення повітряно-

Незважаючи на формування вищих показників повітряно-сухої маси рослин у гібрида соняшнику Конкорд, добовий її приріст в досліджувані міжфазні періоди був найменшим, що пов'язано з його довшою тривалістю вегетації. Найбільший приріст повітряно-сухої маси рослин у фазу бутонізації відмічено в гібрида Сі Честер – у середньому 7,50 г/м² (табл. 5). Добовий приріст у середньому за вегетацію також найбільшим був у цього гібрида – 6,18 г/м². Впродовж міжфазного періоду – цвітіння–повна стиглість найбільший добовий приріст повітряно-сухої маси рослин відмічено в гібрида Террасол – 8,46 г/м².

Таблиця 5 – Добовий приріст повітряно-сухої маси рослин соняшнику досліджуваних гібридів за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень у середньому за 2023, 2024 рр., г/м²

Варіант обробки насіння та підживлень (чинник В)	Гібрид (чинник А)								
	Сі Честер			Конкорд			Террасол		
	1**	2	3	1	2	3	1	2	3
I*	6,85	7,78	5,86	6,74	7,83	5,79	6,67	7,95	5,96
II	7,12	8,10	6,07	6,98	8,17	5,92	6,89	8,38	6,14
III	7,31	8,25	6,12	7,01	8,16	5,93	7,00	8,46	6,19
IV	7,33	8,37	6,20	7,09	8,06	5,92	6,96	8,46	6,16
V	7,33	8,37	6,20	7,12	8,09	5,92	7,00	8,52	6,16
VI	7,44	8,64	6,31	7,20	8,33	5,96	7,11	8,56	6,10
VII	7,41	8,26	6,20	7,24	8,20	5,93	7,02	8,41	6,12
VIII	7,40	8,32	6,22	7,18	8,12	5,91	7,02	8,59	6,16
IX	7,34	8,48	6,27	7,18	8,26	5,92	7,10	8,59	6,18
X	7,50	8,74	6,37	7,24	8,48	5,98	7,17	8,67	6,18
Середнє	7,30	8,33	6,18	7,10	8,17	5,92	6,99	8,46	6,14

Примітка: * – зміст варіантів чинника В наведено в пункті – Матеріал і методи дослідження; ** – 1 – добовий приріст сухої маси під час фази бутонізації; 2 – добовий приріст сухої маси під час міжфазного періоду – цвітіння–повна стиглість; 3 – добовий приріст сухої маси у середньому за вегетацію.

Найбільший добовий приріст повітряно-сухої маси рослин соняшнику всіх гібридів під час фази цвітіння і впродовж міжфазного періоду – цвітіння–повна стиглість насіння, був на варіантах передпосівної обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте з наступним проведенням двох і трьох позакоренових підживлень сумішшю Регопланта і Фульвітал Плюс із комплексним мікродобривом «LF-соняшник» (6-й і 10-й варіанти чинника В).

Добовий приріст повітряно-сухої маси рослин досліджуваних гібридів у середньому за вегетацію також найвищим був у 10 варіанті. У гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол у середньому за два роки він становив 6,37; 5,98 і 6,18 г/м² відповідно, що на 0,51; 0,19 і 0,22 г/м² вище, ніж на контролі.

Висновки. У результаті досліджень отримано нові знання щодо ефективності передпосівної обробки насіння й позакоренових підживлень посівів соняшнику інноваційними стимуляторами росту та комплексними мікродобривами в умовах Північно-Східного Степу України. За проведення передпосівної обробки насіння стимулятором проростання Гуміфілд Форте і трьох позакоренових підживлень сумішшю на основі стимуляторів росту Регопланта і Фульвітал Плюс з комплексним мікродобривом «LF-соняшник» відмічали формування істотно вищої повітряно-сухої маси рослин соняшнику в усі досліджувані фази. Найвища їх ефективність спостерігалась у фазу перестиглості. Повітряно-суха маса гібридів соняшнику Сі Честер, Конкорд

і Террасол у цьому варіанті в середньому становила 671,3; 684,0 і 671,9 г/м², що на 11,2; 8,8 і 9,4 % відповідно більше, ніж на контролі. Добовий приріст повітряно-сухої маси рослин у середньому за вегетацію в гібридів Сі Честер, Конкорд і Террасол у цьому варіанті у середньому був на 8,7; 3,3 і 3,7 % відповідно вищий, ніж на контролі.

Високі показники повітряно-сухої маси рослин соняшнику досліджуваних гібридів також відмічено у варіанті з проведенням двох позакоренових підживлень сумішшю на основі Регопланта, Фульвіталу Плюс і комплексного мікродобрива «LF-соняшник». У цьому варіанті повітряно-суха маса була також істотно вищою, ніж на контролі і статистично не відрізнялася від варіанта з проведенням трьох позакоренових підживлень аналогічною сумішшю. Отже, проведення третього підживлення під час 51–53 мікрофаз, з погляду формування вищих показників повітряно-сухої маси рослин, було недоцільним.

За впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень більших змін зазнавала повітряно-суха маса рослин з одиниці площі, оскільки поряд із формуванням більшої повітряно-сухої маси однієї рослини, вони забезпечували виживаність більшої кількості рослин до збирання врожаю.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні більш широкого спектру стимуляторів, мікродобрив з метою пошуку можливості часткової заміни дорогих мінеральних добрив у технології вирощування соняшнику.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Поляков О.І., Нікітенко О.В. Формування продуктивності гібрида соняшнику Каменяр в залежності від агроприймів вирощування. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2014. № 21. С. 97–104.
2. Ткаліч Ю.І. Вплив мікродобрив і стимуляторів росту рослин на продуктивність соняшнику у північному Степу України. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2016. № 23. С. 169–177.
3. Орлов О. Топ чинників, які лімітують врожайність соняшнику. Агроном. 2020. URL: <http://www.agronom.com.ua/top-chynnykiv-yaki-limituyut-vrozhajnist-sonyashnyku/>
4. Ласло О.О. Показники ефективності застосування регуляторів росту рослин у технології вирощування соняшнику за умов глобальних кліматичних змін. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 2. С. 107–112. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.12
5. Гамаюнова В.В., Кудріна В.С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 1. С. 50–57. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7
6. Кудріна В.С. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах південного Степу України: дис. ... канд с.-г. наук: 06.01.09. Миколаїв, 2021. 175 с.
7. Скидан М.С., Скидан В.О., Костромітін В.М. Динаміка накопичення рослинами соняшнику маси сухої речовини залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах східної частини Лісостепу України. Зрошуваче землеробство: збірник наукових праць. 2014. Вип. 61. С. 61–64.
8. Поляков О.І. Динаміка накопичення сухої речовини соняшнику залежно від умов вирощування. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2022. № 32. С. 84–98. DOI: 10.36710/IOC-2022-32-09
9. Домарацький Є., Добровольський А. Вплив позакоренових підживлень комплексними багатофункціональними препаратами на кількісний та якісний склад хлорофілового комплексу в рослинах соняшнику. Вісник аграрної науки Причорномор'я, 2018. Т. 22. № 1. С. 142–151.
10. Лазеба О.В. Підвищення врожайності гібридів соняшнику шляхом проведення позакоренових підживлень комплексними мікродобривами. «Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120-річчя кафедри рослинництва НУБіП України»: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 2019. С. 66–69.
11. Zamanian M., Yazdandoost M. Influence of chemical fertilizers and bioinoculants on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus L.*). Journal of Central European Agriculture. 2021. No 22(2). P. 317–328. DOI: 10.5513/jcea01/22.2.3106
12. Козлова О.П. Вплив біологічних фунгіцидів на рівень ураження гібридів соняшника патогенною мікрофлорою. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2018. Вип. 29. С. 9–16.
13. Козлова О.П., Домарацький Є.О., Домарацький О.О. Вплив рістрегулюючих речовин біологічного походження на формування надземної біомаси рослин соняшника. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 106. С. 43–52.
14. Ткаліч Ю.І., Ніценко М.Р. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів соняшнику залежно від біопрепаратів. Вісник Дніпропетровського Державного аграрно-економічного університету. 2014. № 2. С. 124–130.
15. Вплив регуляторів росту на продуктивність ліній соняшнику / Д.В. Чуйко та ін. Селекція і насінництво. 2020. № 117. С. 215–226. DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207186.
16. Вожегова Р.А., Коковихін С.В., Нестерчук С.В. Динаміка показників продукційного процесу рослин соняшнику залежно від густоти стояння рослин та мікродобрив. Таврійський науковий вісник. 2017. Вип. 97. С. 52–59.
17. Гораш О.С., Сендецький В.М. Оптимізація продукційного процесу агроценозу соняшнику за використання регуляторів росту. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_5_12.
18. Єременко О.А., Калитка В.В. Вплив регуляторів росту на ріст, розвиток та формування врожаю соняшника в умовах південного Степу України. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 1(58). URL: nd.nubip.edu.ua/2016_1/13.pdf.
19. Климчук М., Думич В. Ефективність позакоренового підживлення соняшнику у західному регіоні України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2021. № 28 (42). С. 237–248. DOI: 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-20
20. Паламарчук В.Д. Позакоренове підживлення у сучасних технологіях вирощування гібридів соняшнику. Збірник наукових праць «Агробіологія». 2020. № 1. С. 137–144. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-137-144
21. Цицюра Я.Г., Первачук М.В. Формування зернової продуктивності соняшника залежно від застосування мікробіологічного добрива Граундфікс в умовах Лісостепу Правобережного України. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 8. С. 62–73.
22. Smith S.E. Mycorrhizal symbiosis. Read. London: Academic Press, 2008. 815 p.
23. Коваленко О.А., Федорчук М.І., Нерода Р.С., Донець Я.Л. Вирощування соняшника за використання мікродобрив і бактеріальних препаратів. Scientific Progress & Innovations. 2020. 2. С. 26–35. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.03

24. Домарацький Є.О., Козлова О.П., Домарацький О.О. Вплив ріст регулюючих речовин біологічного походження на формування надземної біомаси рослин соняшника. Таврійський науковий вісник. 2019. № 106. С. 43–52.

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

REFERENCES

1. Poliakov, O.I., Nikitenko, O.V. (2014). Formuvannya produktyvnosti hibryda soniashnyku Kameniar v zalezhnosti vid ahropriyomiv vyroshchuvannya [Formation of productivity of sunflower hybrid Kameniar depending on cultivation practices]. Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds NAAS]. no. 21, pp. 97–104.

2. Tkach, Yu.I. (2016). Vplyv mikrodobryv i stymulatoriv rostu roslyn na produktyvnist soniashnyku u pivnichnomu Stepu Ukrainy [Influence of microfertilizers and plant growth stimulants on sunflower productivity in the northern Steppe of Ukraine]. Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds NAAS]. no. 23, pp. 169–177.

3. Orlov, O. (2020). Top chynnykiv, yaki limituiut vrozhaist soniashnyku [Top factors that limit the yield of sunflower]. Ahronom [Agronomist]. Available at: <http://www.agronom.com.ua/top-chynnykiv-yaki-limituyut-vrozhaist-soniashnyku/>

4. Laslo, O.O. (2022). Pokaznyky efektyvnosti zastosuvannya rehuliatoriv rostu roslyn u tekhnolohii vyroshchuvannya soniashnyku za umov hlobalnykh klimatychnykh zmin [Indicators of the effectiveness of plant growth regulators in sunflower cultivation technology under conditions of global climate change]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]. no. 2, pp. 107–112. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.12

5. Hamaiunova, V.V., Kudrina, V.S. (2020). Formuvannya nadzemnoi masy i vrozhaist soniashnyku pid vplyvom okremykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya [Formation of aboveground mass and yield of sunflower under the influence of certain elements of cultivation technology]. Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region]. no. 1, pp. 50–57. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7

6. Kudrina, V.S. (2021). Formuvannya produktyvnosti soniashnyku zalezho vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy: dys. ... kand s.-h. nauk: 06.01.09 [Formation of sunflower productivity depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the southern Steppe of Ukraine: diss. candidate of agricultural science: 06.01.09]. Mykolaiv, 175 p.

7. Skydan, M.S., Skydan, V.O., Kostromitin, V.M. (2014). Dynamika nakopy-chennia roslyn soniashnyku masy sukhoi rechovyny zalezho vid ahrotekh-nichnykh priyomiv vyroshchuvannya v umovakh skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Dynamics of accumulation of dry matter mass by sunflower plants depending on agrotechnical methods of cultivation in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. Zroshuvane zemlerobstvo: zbirnyk naukovykh prats [Irrigated agriculture: collection of scientific papers]. Issue 61, pp. 61–64.

8. Poliakov, O.I. (2022). Dynamika nakopy-chennia sukhoi rechovyny soniashnyku zalezho vid umov vyroshchuvannya [Dynamics of sunflower dry matter accumulation depending on growing conditions]. Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS]. no. 32, pp. 84–98. DOI: 10.36710/IOC-2022-32-09

9. Domaratskyi, Ye., Dobrovolskyi, A. (2018). Vplyv pozakorenevnykh pidzhyvlen kompleksnymy bahatofunktsionalnymy preparatamy na kilkisnyi ta yakisnyi sklad khlorofilovoho kompleksu v roslynakh soniashnyku [Influence of foliar fertilization with complex multifunctional preparations on the quantitative and qualitative composition of the chlorophyll complex in sunflower plants]. Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region]. Vol. 22, no. 1, pp. 142–151.

10. Lazeba, O.V. (2019). Pidvyshchennia vrozhaist hibrydiv soniashnyku shliakhom provedennia pozakorenevnykh pidzhyvlen kompleksnymy mikrodobryvamy [Increasing the yield of sunflower hybrids by foliar fertilization with complex microfertilizers]. «Roslynnystvo XXI stolittia: vyklyky ta innovatsii. Do 120-ty richchia kafedry roslynnystva NUBiP Ukrainy»: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [“Crop production of the XXI century: challenges and innovations. To the 120th anniversary of the Department of Plant Industry of NULES of Ukraine”: materials of the International Scientific and Practical Conference]. Kyiv, pp. 66–69.

11. Zamanian, M., Yazdandoost, M. (2021). Influence of chemical fertilizers and bioinoculants on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Central European Agriculture. no. 22(2), pp. 317–328. DOI: 10.5513/jcea01/22.2.3106

12. Kozlova, O.P. (2018). Vplyv biolohichnykh funhitsydiv na riven urazhennia hibrydiv soniashnyka patohennoiu mikrofloroio [Influence of biological fungicides on the level of sunflower hybrids damage by pathogenic microflora]. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika [Podilskyi Visnyk: agriculture, technology, economy]. Vol. 29, pp. 9–16.

13. Kozlova, O.P., Domaratskyi, Ye.O., Domaratskyi, O.O. (2019). Vplyv ristrehuliuiuchykh rechovyn biolohichnoho pokhodzhennia na formuvannya nadzemnoi biomasy roslyn soniashnyka [Influence of growth-regulating substances of biological origin on the formation of aboveground biomass of

sunflower plants]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk [Tavrian Scientific Bulletin]*. no. 106, pp. 43–52.

14. Tkalic, Yu.I., Nitsenko, M.P. (2014). Osoblyvosti fotosyntetichnoi diialnosti hibrydiv soniashnyku zalezno vid biopreparativ [Peculiarities of photosynthetic activity of sunflower hybrids depending on biological products]. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnogo ahrarno-ekonomichnogo universytetu [Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University]*. no. 2, pp. 124–130.

15. Chuiko, D.V., Brahina, O.M., Mykhailenko, V.O., Romanova, T.A. (2020). Vplyv rehuliatoriv rostu na produktyvnist linii soniashnyku [Influence of growth regulators on the productivity of sunflower lines]. *Selektsiia i nasinnystvo [Selection and seed production]*. no. 117, pp. 215–226. DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207186.

16. Vozhehova, R.A., Kokovikhin, S.V., Nesterchuk, S.V. (2017). Dynamika pokaznykiv produktivnoho protsesu roslin soniashnyku zalezno vid hustoty stoiannia roslin ta mikrodobryv [Dynamics of indicators of the production process of sunflower plants depending on the density of plants and microfertilizers]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk [Tavrian Scientific Bulletin]*. no. 97, pp. 52–59.

17. Horash, O.S., Sendetskyi, V.M. (2018). Optyimizatsiia produktivnoho protsesu ahratsenozu soniashnyku za vykorystannia rehuliatoriv rostu [Optimization of the production process of sunflower agroecology with the use of growth regulators]. *Naukovi dopovidi Natsionalnogo universytetu biorekursiv i pryrodo-korystuvannia Ukrainy [Scientific reports of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]*. no. 5. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2018_5_12

18. Yeremenko, O.A., Kalytko, V.V. (2016). Vplyv rehuliatoriv rostu na rist, rozvytok ta formuvannia vrozhaiv soniashnyka v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy [Influence of growth regulators on the growth, development and formation of sunflower yield in the southern Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Natsionalnogo universytetu biorekursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]*. no. 1(58). Available at: http://nd.nubip.edu.ua/2016_1/13.pdf.

19. Klymchuk, M., Dumych, V. (2021). Efektyvnist pozakorenevoho pidzhyv-lennia soniashnyku u zakhidnomu rehioni Ukrainy [Efficiency of foliar fertilization of sunflower in the western region of Ukraine]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy [Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine]*. no. 28 (42), pp. 237–248. DOI: 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-21

20. Palamarchuk, V.D. (2020). Pozakorenevi pidzhyvlennia u suchasnykh tekhnolohiiakh vyroshchuvannia hibrydiv soniashnyku [Foliar fertilization in modern technologies of growing sunflower

hybrids]. *Zbirnyk naukovykh prats «Arobiolohiia» [Journal of scientific works “Agrobiology”]*. no. 1, pp. 137–144. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-137-144

21. Tsytsiura, Ya.H., Pervachuk, M.V. (2018). Formuvannia zernovoi produktyvnosti soniashnyka zalezno vid zastosuvannia mikrobiolohichnogo dobryva Hraundfiks v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho Ukrainy [Formation of grain productivity of sunflower depending on the use of microbiological fertilizer Groundfix in the conditions of the Forest-Steppe of the Right-Bank Ukraine]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry]*. no. 8, pp. 62–73.

22. Smith, S.E. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Read. London, Academic Press, 815 p.

23. Kovalenko, O.A., Fedorchuk, M.I., Neroda, R.S., Donets, Ya.L. (2020). Vyroshchuvannia soniashnyka za vykorystannia mikrodobryv i bakteriialnykh preparativ [Sunflower cultivation with the use of microfertilizers and bacterial preparations]. *Scientific Progress & Innovations*. no. 2, pp. 26–35. DOI: 10.31210/visnyk2020.02.03

24. Domaratskyi, Ye.O., Kozlova, O.P., Domaratskyi, O.O. (2019). Vplyv rist- rehuliuichykh rehovyn biolohichnogo pokhodzhennia na formuvannia nadzemnoi biomasy roslin soniashnyka [Influence of growth regulating substances of biological origin on the formation of aboveground biomass of sunflower plants]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk [Tavrian Scientific Bulletin]*. no. 106, pp. 43–52.

25. 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.

Dynamics of formation of air-dry mass of sunflower hybrids of different ripeness groups under the influence of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization in the conditions of the North-Eastern Steppe of Ukraine

Rozhkov A., Roenko V.

The article presents the research results on the influence of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization on the formation of air-dry mass of sunflower hybrids of different ripeness groups in the North-Eastern Steppe of Ukraine. The research was conducted in 2023, 2024 on the basis of the farm «AGRO-2011» in Blyzniukivskyi district of Kharkiv region.

A two-factor field experiment was set up using the split-plot method in three replications. The first-order plots included three sunflower hybrids, the second-order plots included ten variants of pre-sowing seed treatment and foliar feeding with different combinations of growth stimulants and complex microfertilizers. The area of the sowing plot was 112.0 m², and the area of the accounting plot was 73.5 m².

Analysis of the obtained results revealed a significant impact of joint application of growth stimulants and microfertilizers on the formation of higher air-dry mass of sunflower. At the pre-sowing seeds

treatment with the germination stimulator «Humi-field Forte» and three foliar feedings with a mixture based on growth stimulants «Regoplant» and «Fulvital plus» with the microfertilizer «LF-Sunflower», a significantly higher air-dry mass of sunflower plants was observed in all phases. In the phase of full seed ripeness in hybrids «Si Chester», «Concord» and «Terrasol» in this variant, it averaged 671.3, 684.0 and 671.9 g/m², which is 11.2, 8.8 and 9.4% more than in the control.

High rates of air-dry mass of plants of all sunflower hybrids were also noted in the variant where two foliar feeding with a mixture based on

«Regoplant», «Fulvital Plus» and microfertilizer «LF-sunflower» was carried out. In this variant, the air-dry weight of plants was also significantly higher than in the control one, and at the same time it did not differ statistically from the variant where three foliar applications with a similar mixture were carried out. Therefore, taking into account the additional costs of the third feeding, it was not reasonable in terms of the formation of air-dry mass of plants.

Key words: sunflower, hybrids, growth stimulants, microfertilizers, air-dry mass, pre-sowing seed treatment, foliar feeding.



Copyright: Рожков А.О., Роєнко В.Т. © 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:

Рожков А.О.

Роєнко В.Т.

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

<https://orcid.org/0009-0008-2252-2121>

АГРОНОМІЯ

УДК 631.527.581.143:633.14

**Оцінювання резистентності до хвороб
створених зразків жита озимого****Рябовол Я.С.** , **Сліденко С.І.** 

Уманський національний університет МОН України



Рябовол Я.С. E-mail: iaroslav.riabovol@ukr.net



Рябовол Я.С., Сліденко С.І. Оцінювання резистентності до хвороб створених зразків жита озимого. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 153–161.

Riabovol Ia., Slidenko S. Evaluation of diseases resistance of created of winter rye samples. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 153–161.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-1-153-161

Перспективним напрямом селекції жита озимого є створення високопродуктивних сортів та гібридів культури з високим рівнем генетичної стійкості до хвороб і шкідників. Селекція на імунітет потребує знання генетичних механізмів резистентності. З цією метою вихідний матеріал випробовують на природному фоні агроценозу.

Метою досліджень передбачено аналіз створених зразків жита озимого за стійкістю до збудників найшкодочинніших хвороб культури, зокрема, снігової плісняви (*Microdochium nivale*), борошнистої роси (*Blumeria graminis f.sp. secalis*), бурої іржі (*Puccinia recondita*), стеблової іржі (*Puccinia graminis f.sp. secalis*), септоріозу (*Septoria tritici Rob. et Desm.*) та фузаріозу колосу (*Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichiella*).

Дослідження проводили на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету впродовж 2021–2023 років. Матеріалами слугували п'ять відселектованих ліній 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, створених за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм.

Проаналізувавши створені зразки жита озимого на стійкість до збудників хвороб культури, підтверджено, що загалом наразі немає сортів і гібридів з абсолютною стійкістю, проте у процесі досліджень відселектовано та виділено низку ліній, які вирізнялись стійкістю до окремих патогенів. Матеріали доцільно використовувати донорами генів у селекції на резистентність. Зразок 1731-9 ефективно використовувати донором генів стійкості до фузаріозу колосу, зразок 1744-2 – до септоріозу. Два зразки 1742-5 і 1744-2 показали комплексну стійкість до збудників борошнистої роси, бурої і стеблової іржі. Встановлено високий рівень резистентності отриманих ліній (8–9 балів) до місцевих рас популяцій патогенів ідентифікованих хвороб. Їх долучено до селекційних програм за створення стійких вихідних форм культури.

З'ясування закономірностей успадкування комплексної стійкості до хвороб створених зразків жита озимого дасть можливість визначити донорів резистентності за селекційного процесу отримання вихідного матеріалу.

Ключові слова: жито озиме, зразок, резистентність, збудники хвороб, донор стійкості.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на врожайність і валовий збір рослинної продукції негативно впливають біотичні чинники, зокрема, низка патогенів, які спричинюють хвороби та зміну морфобіологічних процесів в організмі [1, 2]. У періоди епіфітотій продуктивність рослин істотно знижується [3]. Створення резистентних до різних рас патогенів сортів і гібридів є найефективним, науково та економічно обґрунтованим методом захисту рослин в умовах навколишнього природного середовища [4–6]. Вирощування стійких і толерантних до збудників хвороб генотипів сприятиме підвищенню продуктивності культури і зменшенню пестицидного навантаження агроценозів [7–9].

Жито (*Secale cereale* L.) – цінна хлібна культура України [10, 11]. Серед озимих зернових культур, жито характеризується високою зимо-, посухостійкістю та здатністю формувати високі врожаї на бідних піщаних ґрунтах [12, 13].

Перспективним напрямом селекції жита озимого є створення високопродуктивних сортів та гібридів культури з високим рівнем генетичної стійкості до хвороб і шкідників [14]. Найшкочочиннішими хворобами жита в Центральній і Східній Європі є снігова пліснява (*Microdochium nivale*), прикоренева гниль, зумовлена комплексом *Helgardia herpotrichoides*, *H. Acuformis* (син. *Pseudocercospora herpotrichoides* var. *herpotrichoides*, var. *acuformis*), *M. nivale* та *Fusarium spp.*, борошниста роса (*Blumeria graminis f.sp. secalis*), бура іржа (*Puccinia recondita*), стеблова іржа (*P. graminis f.sp. secalis*), плямистість листя (*Rhynchosporium secalis* та інші гриби), ріжки (*Claviceps purpurea*) і фузаріоз (FHB), спричинений грибами *M. Nivale* та різними видами *Fusarium*, а також ґрунтовий вірус мозаїки злаків (SBCMV), вірус мозаїки пшениці, що передається через ґрунт (SBWMV), вірус веретеноподібної мозаїки (WSSMV), який передається ґрунтовим грибом *Polymyxa graminis* і спричинює нові захворювання в окремих регіонах Німеччини та Польщі [15]. Для борошнистої роси та листової іржі встановлено якісну і кількісну резистентність, а для стрижневої гнилі, фітофторозу та ріжків виявлено лише кількісні варіації [16].

Селекція на імунітет потребує знання генетичних механізмів стійкості. З цією метою вихідний матеріал випробовують на природному фоні агроценозу [16, 17].

Метою досліджень передбачено аналіз створених зразків жита озимого за стійкістю до збудників найшкочочинніших хвороб культури.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету впродовж 2021–2023 років. Матеріалами слугували п'ять відселектованих ліній 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, створених за внутрішньовидової гібридизації географічно віддалених форм. За стандарт використовували сорт-синтетик Хлібне.

Обліки та фенологічні спостереження рослин жита озимого здійснювали за «Методикою державної науково-технічної експертизи сортів рослин» [18].

Статистичний аналіз отриманих даних проводили за допомогою комп'ютерних програм «Excel 2010» і «Statistica 8.0».

Результати дослідження та обговорення. Впродовж селекційного процесу 2021–2023 рр. створені лінії жита озимого проаналізовано на стійкість до найшкочочинніших хвороб, зокрема, снігової плісняви (*Microdochium nivale*), борошнистої роси (*Blumeria graminis f.sp. secalis*), бруї іржі (*Puccinia recondita*), стеблової іржі (*Puccinia graminis f.sp. secalis*), септоріозу (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) та фузаріозу колосу (*Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichiella*). Ці хвороби широко розповсюджені на посівних площах жита озимого в більшості регіонів України [14, 19].

Снігова пліснява (*Microdochium nivale*) – одна з найшкочочинніших хвороб, що виникає комплексно на посівах жита озимого. У регіоні Правобережного Лісостепу вона спостерігалась на рослинах агроценозів у 2021 і 2023 рр., і місцями – у 2022 році. Взимку 2024 р. на дослідних ділянках її не фіксували.

Значні втрати урожаю від ураження рослин спостерігаються в середньому раз на два роки [17, 20].

Чинниками, що спричиняють розвиток хвороби, є:

- перезволожений ґрунт наприкінці зими та на початку весни;
- щільний сніговий покрив впродовж тривалого проміжку часу;
- нестача калію у ґрунті;
- кислі ґрунти з високим вмістом органіки;
- висока концентрація азотних добрив, внесених восени;

- залишки рослинних решток та товстий шар відмерлих трав, що створюють сприятливі умови для розвитку патогенів;
- недостатній розвиток рослин перед вхідженням у зиму;
- недостатня аерація ґрунту [19, 20].

Не зважаючи на дослідження вчених за програмами з вивчення стійкості рослин до хвороби і створення стійких сортів, жоден сучасний сорт жита озимого не має повної стійкості до снігової плісняви. Це пояснюється тим, що збудник характеризується широким спектром рослин-живителів. Крім жита хвороба уражує низку злакових культур, зокрема пшеницю яру та озиму, ячмінь, овес, тимофіївку, грятисцю, райграс, тонконіг тощо [17]. Згідно з правилом щодо розподілу імунітету серед сортів за М.І. Вавиловим доведено, що чим слабше виражена спеціалізація паразита за родами і видами рослин-живителів, тим менше шансів на добір і створення імунних сортів. Якщо гриб не пристосований до родових і видових особливостей рослини, то мало ймовірно, що він буде реагувати на особливості сортів жита озимого [17, 22, 23].

Відсутність у патогена чіткої спеціалізації і добре успадкованого контролю стійкості на генетичному рівні унеможливорює одержання стійких популяцій жита озимого до хвороби. Отже, основним питанням в селекції жита на стійкість до снігової плісені є виявлення та селектування матеріалу, здатного подолати наслідки ураження в природних агроценозах. Зазвичай аналізується пасивна стійкість або толерантність, що характеризується здатністю рослини до регенерації після ураження хворобою і формування стабільного врожаю [16, 17].

Терміни прояву снігової плісняви на посівах фіксують навесні після танення снігу

у фазу розвитку ВВСН 21–25 рослин жита озимого. Кільцеві плями діаметром до 20 см можуть з'являтися у місцях де застоюється вода. Згодом вони збільшуються у розмірі та поширюються, створюючи великі білі ділянки на площі посіву. Хвороба інтенсивно прогресує в безморозну зиму за тривалого збереження снігового покриву. Снігова пліснява також може розвиватися за зимових відлиг, утворюючи міцелій хвороботворних грибів, що формують пухнастий наліт світло-сірого кольору на рослинах. Хвороба легко візуально ідентифікується за похмурої і безвітряної погоди [17, 21].

Найвищу стійкість до снігової плісняви відмічено у лінії 1744-2. Інтенсивність ураження рослин цього зразка була найменшою (табл. 1). У 2021 р. – 50,2 %, у 2022 р. – 25,8 %, у 2023 р. – 44,4 %.

Депо нижчу стійкість до хвороби зафіксовано в лінії 1742-5. Найбільшу частку уражених рослин відмічено у зразка 1731-9. За роками досліджень вона становила, відповідно, 72,2; 45,9 і 74,3 %. Інтенсивність ураження рослин сорту-стандарту Хлібне фіксували впродовж років досліджень на рівні 74,1; 45,2 та 77,6 %. Рослини зразка 1714-1 демонстрували середні показники ураження сніговою пліснявою.

Слід зазначити, що пасивна форма стійкості до снігової плісняви визначається генетичними системами, що контролюють формування щільності стеблостою на різних етапах онтогенезу [16, 17, 22]. Вирішальне значення для реалізації пасивної стійкості мають генетичні системи, що контролюють весняне відростання та індекс продуктивної кущистості. Отже, показники динаміки стеблостою є своєрідним тестом на різну стійкість до снігової плісняви, а коефіцієнт екологічної пластичності визначає ступінь цієї стійкості.

Таблиця 1 – Аналіз стійкості створених зразків жита озимого до снігової плісняви, 2021–2023 рр.

Зразок	Стійкість рослин до снігової плісняви за роками досліджень					
	2021		2022		2023	
	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості
Хлібне	74,1	4	45,2	6	77,6	3
1714-1	54,9	5	36,9	7	50,7	5
1719-3	70,5	4	44,8	6	69,7	4
1731-9	72,2	4	45,9	6	74,3	4
1742-5	52,4	5	38,2	7	49,3	5
1744-2	50,2	5	25,8	8	44,4	6
<i>НІР</i> ₀₅	2,9	–	2,8	–	3,6	–

Борошниста роса (*Blumeria graminis f.sp. secalis*) – хвороба, яка для жита вважається менш шкодочинною порівняно зі сніговою пліснявою, проте в період епіфітотій недобір урожаю диплоїдних сортів фіксують до 17 %, а тетраплоїдних форм – до 47 % [22]. На рослинах жита озимого хворобу спостерігають від фази кущення (ВВСН 21-29) до молочної стиглості (ВВСН 75-79) [17]. Вченими відмічено, що шкодочинність цієї хвороби на посівах короткостеблових форм майже вдвічі вища ніж на посівах високостеблових [17, 24]. Уражені рослини суттєво знижують озерненість колосу та масу 1000 зерен.

Вченими доведено, що донори стійкості доцільно відбирати зі створених культурних популяцій жита, оскільки дикорослі матеріали разом зі стійкістю до хвороби інтродукують в геном низку негативних ознак [17]. Встановлено, що повний імунітет до *Blumeria graminis* контролюється одним геном *Er/er* у гомозиготному стані. Домінантний стан гена *Er/er* обумовлює стійкість рослин у ранні періоди онтогенезу від сходів (ВВСН 11) до колосіння (ВВСН 51), тобто початок фази R1 [24, 25].

Оцінку матеріалу на стійкість до борошнистої роси можна проводити на природному та штучному фонах в польових умовах і на штучному фоні в теплиці.

У дослідженнях оцінку стійкості матеріалу до борошнистої роси проводили в польових умовах на природному фоні (табл. 2).

(бал стійкості 8) зафіксували у лінії 1744-2. Зразки 1714-1, 1719-3 і 1742-5 мали середній бал стійкості 7 з ураженням рослин патогенами на рівні 13,2; 13,5 та 11,7 %, відповідно.

Бура іржа (*Puccinia recondita*) – хвороба жита, що зумовлює передчасне висихання листків і призводить до зниження врожаю, якості зерна та кормової цінності зеленої маси [17, 24]. Вченими встановлено, що шкодочинність бурої іржі (*Puccinia dispersa Erikss*) на посівах жита в період епіфітотій висока. В процесі багаторічних досліджень доведено, що втрати від бурої іржі за показником 1000 зерен становлять до 33 %, а за показником маси зерна з колосу до 56 %. Сорти-популяції мають невелику концентрацію стійких генотипів (від поодиноких рослин до 5–10 %), імунних сортів і гібридів F_1 не виявлено. Стійкість чи сприйнятливість до хвороби в жита контролюється геном *Pd/pd*. Найбільшої шкодочинності бура іржа завдає короткостебловим зразкам. За сильної епіфітотії ця хвороба може повністю знищити урожай зерна. Дослідження показали, що на різних фонах зараження хворобою жита озимого, зниження врожайності короткостеблових форм сягала до 80 %. Цей показник майже втричі вищий ніж у високостеблових сортів [17, 24, 25].

У процесі апробації створених зразків встановлено, що ураженість хворобою сорту-стандарту Хлібне становила 13,5 % із середнім балом стійкості 7 (табл. 3).

Таблиця 2 – Аналіз стійкості створених зразків жита озимого до борошнистої роси, 2021–2023 рр.

Зразок	Стійкість рослин до борошнистої роси за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості
Хлібне	27,5	5	17,3	6	18,7	6	21,2	6
1714-1	17,5	6	10,3	7	12,7	7	13,5	7
1719-3	12,2	7	17,1	6	10,3	7	13,2	7
1731-9	19,5	6	24,2	5	18,1	6	20,6	6
1742-5	9,4	7	15,5	6	10,3	7	11,7	7
1744-2	8,5	8	13,4	7	8,3	8	10,1	8
<i>НІР</i> ₀₅	1,9	–	2,1	–	1,8	–	1,9	–

Середнє ураження рослин борошнистою росною за роки досліджень сорту-стандарту Хлібне становило 21,2 %, середній бал стійкості – 6. Несуттєво нижчий показник (20,6 %) ураження рослин, з аналогічним середнім балом стійкості 6, відмічено в зразка 1731-9. Найвищу стійкість до борошнистої роси із середнім показником ураження 10,1 %

Зразок 1731-9 в середньому за три роки мав аналогічний бал стійкості, проте показник ураження рослин бурю іржею був несуттєво нижчий – на рівні 11,7 %. Найнижчий відсоток ураження рослин (6,7 %) і, відповідно, найвищий бал стійкості – 8, відмічено у рослин зразка 1742-5. Неістотно вищий показник ураження був у рослин лінії 1744-2

(7,8 %). Рослини зразків 1714-1 та 1719-3 мали відсоток ураження хворобою на рівні 9,5 та 10,0 % відповідно, з балом стійкості 7.

Стеблова іржа (*Puccinia graminis f.sp. secalis*) – хвороба, що уражує більшість злакових культур, зокрема пшеницю, жито, ячмінь тощо. Шкодочинність від стеблової іржі жита озимого за показником 1000 зерен сягає 22,1 %, а масою зерна з колосу – до 35,5 %. Стійкість до стеблової іржі контролюється генами *SrA-SrM* у домінантному стані [17, 24].

Найнижчий відсоток ураження стебловою іржею відмічено в рослин зразків 1742-5 і 1744-2, на рівні 3,8 та 4,0 % відповідно (табл. 4).

Бал стійкості ліній становив 9. Вищий відсоток ураження, але з високим балом стійкості (8), зафіксовано у зразків 1719-3 (6,1 %) та 1714-1 (7 %). Найвищий відсоток уражених рослин (8,8 %) вирізняли у лінії 1731-9 з балом стійкості 7, що перевищувало ураженість рослин сорту-стандарту на 0,5 %.

Септоріоз (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) – це хвороба, що проявляється на листках, стеблах і колосі у вигляді світло-жовтих і світло-бурих плям з темним обідком. На плямах утворюються чорні дрібні пікніди у вигляді крапок. Листки уражених рослин бліднуть, втрачають хлорофіл і повністю висихають, а стебла буріють, зморщуються і зазвичай вигинаються. Септоріоз жита призводить до формування рослинами щуплого невиповненого зерна, інколи – до безпліддя колосу. Захворювання рослин хворобою виявляють скрізь, проте найчастіше це зустрічається в районах з підвищеною вологістю. Пікноспори проростають у краплинах вологи за температури від 9 до 28 °C (оптимум 20–22 °C). Інкубаційний період хвороби від шести до дев'яти діб. Втрати врожаю становлять попередньо 30 % [17, 23, 24].

Впродовж 2021–2023 років досліджень фіксували недостатню кількість опадів, проте ознаки прояву хвороби на селекційному матеріалі ідентифікували доволі чітко (табл. 5).

Таблиця 3 – Аналіз стійкості створених зразків жита озимого до бурої іржі, 2021–2023 рр.

Зразок	Стійкість рослин до бурої іржі за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості
Хлібне	16,2	6	9,3	7	11,7	7	12,4	7
1714-1	9,4	7	9,9	7	10,6	7	10,0	7
1719-3	11,2	7	10,4	7	6,8	8	9,5	7
1731-9	14,5	6	11,8	7	8,7	7	11,7	7
1742-5	7,3	8	5,8	8	7,1	8	6,7	8
1744-2	9,3	7	6,9	8	7,3	8	7,8	8
<i>НІР</i> ₀₅	1,5	–	1,9	–	1,6	–	1,7	–

Таблиця 4 – Аналіз стійкості створених зразків жита озимого до стеблової іржі, 2021–2023 рр.

Зразок	Стійкість рослин до стеблової іржі за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості
Хлібне	11,1	7	7,0	8	6,8	8	8,3	8
1714-1	10,8	7	3,1	9	7,2	8	7,0	8
1719-3	6,4	8	5,7	8	6,1	8	6,1	8
1731-9	9,9	7	6,2	8	10,4	7	8,8	7
1742-5	5,5	8	2,5	9	3,3	9	3,8	9
1744-2	6,3	8	2,8	9	3,0	9	4,0	9
<i>НІР</i> ₀₅	1,8	–	1,4	–	1,5	–	1,6	–

Таблиця 5 – Аналіз стійкості створених зразків жита озимого до септоріозу, 2021–2023 рр.

Зразок	Стійкість рослин до септоріозу за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості
Хлібне	16,6	6	12,1	7	15,0	6	14,6	6
1714-1	11,5	7	7,0	8	9,2	7	9,2	7
1719-3	6,2	8	9,1	7	10,8	7	8,7	7
1731-9	12,3	7	14,2	6	14,1	6	13,5	6
1742-5	9,8	7	13,9	6	6,3	8	10,0	7
1744-2	6,5	8	7,1	8	6,6	8	6,7	8
<i>HIP₀₅</i>	1,3	–	1,2	–	1,5	–	1,3	–

Найвищий бал стійкості до септоріозу відмічено в лінії 1744-2. У середньому ураження рослин хворобою було на рівні 6,7 %, бал стійкості – 8. Дещо вищі показники ураження відмічено у зразків 1719-3 і 1714-1 – 8,7 і 9,2 %, відповідно, за балу стійкості – 7. Частка уражених рослин сорту-стандарту Хлібне становила 14,6 %.

Фузаріоз колосу (*Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichiella*) – хвороба, що поширена практично у всіх зонах вирощування жита, проте найбільшу шкодочинність відмічено в регіонах з теплою вологою погодою в період цвітіння–повна стиглість (ВВСН 60+). Відбувається знебарвлення і побіління колоскових лусочок на окремих колосках колосу або цілого колосу. Згодом на колоскових лусочках можна спостерігати дрібні чорні крапки, що є плодовими тілами грибів [17, 23, 24].

Виникненню хвороби сприяє низка видів грибів роду *Fusarium*. Симптоми досить

подібні між собою і візуально важко вказати, яким саме патогеном заражено агроценоз. Ідентифікувати конкретний гриб роду *Fusarium* можливо лише за лабораторного аналізу. Окремі види *Fusarium* змінюються залежно від року, погодних умов та фази ВВСН. На одній рослині можуть одночасно паразитувати кілька видів. Вченими доведено, що всі гриби роду *Fusarium* продукують мікотоксини, небезпечні для здоров'я тварин і людини. За даними FAO, на сьогодні близько 25 % світового виробництва зерна жита заражено цією хворобою.

Впродовж проведених досліджень було відмічено, що в 2021 і 2023 рр. загальна ураженість рослин жита фузаріозом на дослідних ділянках значно перевищувала показник 2022 року (табл. 6). Цьому сприяла підвищена вологість повітря в період цвітіння–повна стиглість. У 2022 р. фіксували посуху, що перешкоджала розвитку хвороби в регіоні.

Таблиця 6 – Аналіз стійкості створених зразків жита озимого до фузаріозу колоса, 2021–2023 рр.

Зразок	Стійкість рослин до фузаріозу колоса за роками досліджень							
	2021		2022		2023		Середнє за роками	
	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості	кількість уражених рослин, %	бал стійкості
Хлібне	14,4	6	1,4	8	20,2	5	12,0	6
1714-1	9,9	7	0,4	9	11,1	7	7,1	8
1719-3	10,2	7	0,9	8	12,0	7	7,7	7
1731-9	11,4	7	0,2	9	6,2	8	5,9	8
1742-5	13,8	6	0,4	9	11,7	7	8,6	7
1744-2	10,6	7	1,8	8	14,3	6	8,9	7
<i>HIP₀₅</i>	1,2	–	0,2	–	1,1	–	0,8	–

За результатами досліджень зафіксовано, що найвищу стійкість до фузаріозу колосу відмічено в зразка 1731-9 на рівні 5,9 %, з балом стійкості 8. Суттєво вищий показник ураження колосу рослин 7,7 % фіксували в лінії 1719-3, бал стійкості – 7. Істотно вищий відсоток ураження колосу відмічено у зразків 1742-5 і 1744-2 – 8,6 і 8,9 %, відповідно. Найнижчий бал стійкості до хвороби відмічено в сорту-стандарту (6) з середньою часткою ураження колосу рослин 12,0 %.

За аналізу резистентності створеного матеріалу до хвороб, виділено два зразки 1742-5 і 1744-2 з комплексною стійкістю до *Blumeria graminis f.sp. secalis*, *Puccinia recondita* і *Puccinia graminis f.sp. secalis*. Вони долучені донорами генів стійкості до селекційного процесу створення нових форм культури.

Висновки. Проаналізовано матеріали жита озимого на стійкість до низки збудників хвороб культури та підтверджено, що загалом наразі немає сортів і гібридів жита озимого з абсолютною стійкістю до найшкодочинніших хвороб, проте у процесі досліджень відселектовано та виділено низку зразків, що вирізнялись стійкістю до окремих патогенів. Їх доцільно використовувати донорами генів в селекції на резистентність. Зразок 1731-9 ефективно використовувати донором генів стійкості до фузаріозу колосу, зразок 1744-2 – до септоріозу. Два зразки 1742-5 і 1744-2 показали комплексну стійкість до збудників борошнистої роси, бурої та стеблової іржі. Встановлено високий рівень резистентності отриманих ліній (8–9 балів) до місцевих рас популяцій патогенів ідентифікованих хвороб. Їх долучено до селекційних програм за створення стійких до збудників хвороб вихідних форм культури.

Відбір зразків за допомогою маркерів може значно прискорити селекційний процес створення матеріалів жита, стійких до найшкодочинніших хвороб.

Перспективи подальших досліджень. З'ясування закономірностей успадкування комплексної стійкості до хвороб створених зразків жита озимого дасть можливість визначити донорів резистентності за селекційного процесу отримання вихідного матеріалу. Оцінку резистентності матеріалу до хвороб бажано доповнити аналізом QTL.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Каленська С.М., Токар Б.Ю., Ташева Ю.В. Управління стійкістю рослин зернових культур до вилягання. Наук. вісник НУБіП України. Агрономія. 2015. Вип. 210. Ч. 1. С. 22–30.

2. Miller T.D. Growth stages of wheat: identification and understanding improve crop management. Texas A&M AgriLife Extension SCS. 1996. Vol. 16. No 16. P. 32–40.

3. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак та ін. Київ: Центр учб. літ., 2010. 456 с.

4. The world experience in the regulation of the land circulation / G. Kaletnik et al. European journal of sustainable development. 2020. Vol. 9. No 2. P. 557–568.

5. Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine / V.A. Mazur et al. Ukrainian journal of ecology. 2018. No 8(4). P. 26–33.

6. Бровдій В.М., Гулий В.В., Федоренко В.П. Біологічний захист рослин. Київ: Світ, 2004. 348 с.

7. Боровик С.О. Наукові основи технології вирощування жита озимого. Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво. 2023. № 21. С. 22–28. DOI: 10.32848/agra.innov.2023.21.3.

8. Костюкевич Т. Оцінка впливу зміни клімату (RCP 8.5) на продуктивність озимого жита в Східному Лісостепу України. Modern trends in science and practice: collective monograph. California, USA. 2021. Vol. 1. P. 18–23. DOI: 10.51587/9781-7364-13302-2021-005-18-23.

9. Роль генетичного різноманіття жита озимого у створенні високоадаптивних сортів та гібридів / А.В. Ярош та ін. Генетичні ресурси рослин. Посібник українського хлібороба: науково-практичний збірник. 2015. Т. 1. С. 81–83.

10. Рябовол Я.С., Рябовол Л.О., Сліденко С.І. Оцінка створених інбредних ліній жита озимого за основними господарсько-цінними ознаками. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2024. № 1 (105). С. 112–118.

11. Черемісіна С.Г. Ринок зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку. Економіка АПК, 2021. № 2. С. 48–58. DOI: 10.32317/2221-1055.202102048.

12. Гончаренко А.А. Сучасні можливості покращення якості зерна жита озимого. Селекція і насінництво. 2011. № 100. С. 24–36.

13. Ключевич М.М., Гриценко О.Ю. Найпоширеніші грибні хвороби жита озимого в Поліссі України. Вісник ЖНАЕУ, 2017. № 2 (61). Т. 1. С. 50–55.

14. Occurrence of soil-borne viruses in rye and prospects for improving resistance to these viruses / U. Kastirr et al. In: Proceedings of International Symposium on Rye Breeding & Genetics. Groß Lusewitz, Germany, 2006. 34 p.

15. Carena M.J. Cereals. Handbook for plant breeding. Springer Science + Business Media. LLC, 2009. 425 p.

16. Спеціальна селекція та насінництво польових культур: навч. посіб. / М.І. Рябчун та ін. Харків: ІР ім. В.Я. Юр'єва НААН України, 2010. 462 с.

17. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навч. посіб. /

за ред. В.В. Кириченка, В.П. Петренкової. Харків: Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, 2012. 320 с.

18. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 150 с.

19. Precision planting effect on winter rye yield and quality for biofuel and forage production / K. Baker et al. *Biomass and Bioenergy*. 2024. Vol 184. DOI: 10.1016/j.biombioe.2024.107219

20. Чим небезпечна снігова пліснява для газону і як з нею боротися? URL: <https://agroretail.com.ua/ua/a495081-chem-opasna-snezhnaya.html?srsId=AfmBOoq4UFegGPVeGpCSsJxPsaC5FNM7CgrRxY2PIRG5VZ-XjDNWK8YH>

21. Shanying Z., Haonan D., Fuyu S. Molecular cytogenetic analyzes of two new wheat-rye 6RL translocation lines with resistance to wheat powdery mildew. *The Crop Journal*. 2023. Vol. 11. Issue 2. P. 584–592.

22. Змієвська О.А., Єгоров Д.К. Прояв гетерозису у нових простих експериментальних гібридів (F_1) жита озимого. Селекція і насінництво. 2015. Вип. 107. С. 52–59.

23. Скорик В.В., Симоненко Н.В. Оцінка деяких ознак озимого жита (*Secale cereale*) в умовах Носівської селекційно-дослідної станції. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 3. С. 58–70. URL: <http://mvis.mip.com.ua/article/view/119131>

24. Рябовол Я.С. Теоретичне обґрунтування систем гібридизації і створення вихідного матеріалу в селекції зернових культур: автореф. дис. ... д-ра наук. Умань, 2020.

25. Дицьо О.В. Перезимівля сортів жита озимого в умовах Західного Лісостепу. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених. Львів, Оброшино, 2015. С. 14–15.

REFERENCES

1. Kalenska, S., Tokar, B., Tasheva, Y. (2015). Upravlinnja stijkistju roslyn zernovykh kul'tur do vyljagannja [Management of cereal crops resistance to sinking]. *Naukovyi visnyk NUBIP ukrainy. Ahronomiia* [Scientific herald of NULES of Ukraine. Agronomy]. Vol. 210, no. 1, pp. 22–30.

2. Miller, T.D. (1996). Growth stages of wheat: identification and understanding improve crop management. *Texas A&M AgriLife Extension SCS*. Vol. 16, no. 16, pp. 32–40.

3. Primak, I.D. (2010). Ekolohichni problemy zemlerobstva [Ecological problems of agriculture]. Kyiv, Educational Literature Center, 456 p.

4. Kaletnik, G. (2020). The world experience in the regulation of the land circulation. *European journal of sustainable development*. Vol. 9, no. 2, pp. 557–568.

5. Mazur, V.A. (2018). Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian journal of ecology*. no. 8(4), pp. 26–33.

6. Brovdiy, V.M., Gulyy, V.V., Fedorenko, V.P. (2004). *Biologichnyi zakhyst roslyn* [Biological protection of plants]. Kyiv, World, 348 p.

7. Borovyk, S.O. (2023). Naukovi osnovy tekhnologii vyroshchuvannya zhyta ozymoho [Scientific basis of technology for growing winter rye]. *Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnytstvo* [Ahrarni innovatsii. Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnytstvo]. no. 21, pp. 22–28. DOI: 10.32848/ahrar.innov.2023.21.3.

8. Kostiukievych, T. (2021). Otsinka vplyvu zminy klimatu (RSR 8.5) na produktyvnist ozymoho zhyta v Skhidnomu Lisostepu Ukrainy [Assessment of the impact of climate change (RCP 8.5) on the productivity of winter rye in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Modern trends in science and practice: collective monograph*. California, USA, no. 1, pp. 18–23. DOI: 10.51587/9781-7364-13302-2021-005-18-23.

9. Yarosh, A.V. (2015). Rol henetychnoho riznomanittia zhyta ozymoho u stvorenni vysokoadaptivnykh sortiv ta hibrydiv [The role of genetic diversity of winter rye in the creation of highly adaptive varieties and hybrids]. *Henetychni resursy roslyn* [Genetic resources of plants]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba: naukovo-praktychnyi zbirnyk* [Ukrainian Farmer's Handbook: A Scientific and Practical Collection]. no. 1, pp. 81–83.

10. Riabovol, Ia.S. (2024). Otsinka stvorenykh inbrednykh liniy zhyta ozymoho za osnovnymy hospodarsko-tsinnymy oznakamy [Evaluation of created inbred lines of winter rye by main economic and value characters]. *Zbirnyk naukovykh prats Uman'skoho NUS* [Collection of scientific papers of the Uman National University of Horticulture]. Uman, no. 1(105), pp. 112–118.

11. Cheremisina, S. H. (2021). Rynok zernovykh kultur v Ukraini: analiz suchasnoho stanu ta perspektyvy rozvytku [The grain market in Ukraine: analysis of the current state and development prospects]. *Ekonomika APK* [Ekononik of AIK] no. 2, pp. 48–58. DOI: 10.32317/2221-1055.202102048.

12. Goncharenko, A.A. (2011). Suchasni mozlyvosti pokrashchennia yakosti zerna zhyta ozymoho [Modern possibilities of improving the quality of winter rye grain]. *Selektsiia i nasinnnytstvo* [Breeding and seed production]. no. 100, pp. 24–36.

13. Klyuchevich, M.M., Hrytsenko, O.Yu. (2017). Naiposhyrenishi hrybni khvoroby zhyta ozymoho v Polissi Ukrainy [The most common fungal diseases of winter rye in Polissya, Ukraine]. *Biuletyn ZNAEU* [Bulletin of the ZhNAEU]. *Zhytomyr*, no. 2 (61), Vol. 1, pp. 50–55.

14. Kastirr, U., Wortmann, H., Schmiedchen, B., Rabenstein, F., Kuhne, T. (2006). Occurrence of soil-borne viruses in rye and prospects for improving resistance to these viruses. In: *Proceedings of International Symposium on Rye Breeding & Genetics*. Groß Lusewitz, Germany, 34 p.

15. Carena, M.J. (2009). *Cereals. Handbook for plant breeding*. Springer Science + Business Media. LLC, 425 p.

16. Ryabchun, N.I., Yelnikov, M.I., Zvyagin, A.F. (2010). *Spetsialna selektsiia ta nasinnnytstvo polovykh kultur: navchalnyi posibnyk* [Special selection and seed production of field crops]. Kharkiv, V.Ya. Yuryev Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 462 p.

17. Kyrychenko, V.V., Petrenkova, V.P. (2012). Osnovy selektsii polovoykh kultur na stiikist do shkidlyvykh orhanizmiv: navchalnyi posibnyk [Fundamentals of breeding field crops for resistance to harmful organisms]. Kharkiv, V.Ya. Yuryev Institute of Plant Science, 320 p.

18. Tkachyk, S.O. (2015). Metodyka derzhavnoi naukovo-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslin [Methodology of state scientific and technical examination of plant varieties]. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslinnytstva [Methods of determining plant production quality indicators]. Vinnytsia, LLC «Nilan-LTD», 150 p.

19. Baker, K., Koduru, S., Babaei, S. (2024). Precision planting effect on winter rye yield and quality for biofuel and forage production. Biomass and Bioenergy. Vol. 184. DOI: 10.1016/j.biombioe.2024.107219

20. Chym nebezpechna snihova plisniava dla hazonu i yak z neiu borotysia? [How is dangerous Microdochium nivale for the lawn and how to deal with it?]. Available at: <https://agroretail.com.ua/ua/a495081-chem-opasna-snezhnaya.html?srltid=Afm-BOoq4UFegGPVeGpCSsjxPsaC5FNM7CgrRxY-2PIRG5VZ-XjDNWK8YH>

21. Shanying, Z., Haonan, D., Fuyu, S. (2023). Molecular cytogenetic analyzes of two new wheat-rye 6RL translocation lines with resistance to wheat powdery mildew. The Crop Journal. Vol. 11, Issue 2, pp. 584–592.

22. Zmiievskaya, O.A., Yehorov, D.K. (2015). Projav heterozyosu u novykh prostykh eksperymentalnykh hibrydiv (F_1) zhyta ozymoho [Manifestation of heterosis in new simple experimental hybrids F_1 of winter rye]. Seleksiia i nasinnytstvo [Plant breeding and seed production]. Kharkiv, no. 107, pp. 52–59.

23. Skoryk, V.V., Symonenko, N.V. (2016). Ot-sinka deiakykh oznak ozymoho zhyta (Secale cereale) v umovakh Nosivskoi selektsiino-doslidnoi stantsii [Assessment of some traits of winter rye (Secale cereale) in the conditions of the Nosovsk breeding and research station]. Myronivskiy visnyk [Myronivskiy visnyk]. Myronivka, no. 3, pp. 58–70. Available at: <http://mvis.mip.com.ua/article/view/119131>

24. Riabovol, I.A. (2020). Teoretychne obgrun-tuvannia system hibrydyzatsii i stvorennia vykhidno-ho materialu v selektsii zernovykh kultur: avtoref. dys. ... d-ra nauk [Theoretical substantiation of systems of hybridization and the creation of the initial material in breeding of crops: abstract of the Dissertation of Doctor of Science]. Uman, 28 p.

25. Dytso, O.V. (2015). Perezymivlia sortiv zhy-ta ozymoho v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Over-wintering of winter rye varieties in the Western For-est- Steppe]. Aktualni problemy ahropromyslovoho vyrobnytstva Ukrainy: materialy Vseukrainskoi nau-

kovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh [Current problems of agro-industrial production in Ukraine: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. Lviv, Obroshino, pp. 14–15.

Evaluation of diseases resistance of created of winter rye samples

Riabovol I.A., Slidenko S.

A promising area of winter rye breeding is the creation of highly productive varieties and hybrids with a high level of genetic resistance to diseases and pests. Breeding for immunity requires knowledge of genetic mechanisms of resistance. For this purpose, the source material is tested on the natural back-ground of agrocenoses.

The analysis of winter rye created samples in resistance to pathogens of the most harmed diseases of culture, in particular, snow mold (*Microdochium nivale*), powdery mildew (*Blumeria graminis F.sp. Secalis*), brown rust (*Puccinia recondita*), steam rust (*Puccinia graminis F.sp. Secalis*), septoria (*Septoria tritici Rob. Et Desm.*) and fusarium of the ear (*Fusarium graminearum*, *Fusarium sporotrichiella*) were the purpose of research.

The research was conducted at the experimental areas of the Department of Genetics, Plant Breeding and Biotechnology of Uman National University during 2021–2023. The materials served as five released lines 1714-1, 1719-3, 1731-9, 1742-5, 1744-2, created by intraspecific hybridization of geographically distant forms.

Having analyzed the created forms of winter rye for resistance to pathogens of culture, it has been confirmed that there are currently no varieties and hybrids with absolute resistance, but a number of lines that have been resistant to individual pathogens have been distinguished and isolated in the study process. These materials can be used of gene donors in breeding process for resistance. It is reasonable to use the materials as gene donors in breeding for resistance. Sample 1731-9 is effectively used as a donor of resistance genes to ear fusarium, sample 1744-2 – to septoria disease. Two samples (1742-5 and 1744-2) showed complex resistance to powdery mildew, brown and stem rust pathogens. A high level of resistance of the obtained lines (8–9 points) to local races of pathogens populations of identified diseases was established. They are included in breeding programs for the creation of resistant initial forms of the crop.

Finding out the inheritance patterns of complex resistance to diseases of the created winter rye samples will allow to determine the resistance donors in the breeding process of obtaining the source material.

Key words: winter rye, sample, resistance, pathogens, resistance donor.



Copyright: Рябовол Я.С., Сліденко С.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.

ORCID iD:

Рябовол Я.С.

Сліденко С.І.

<https://orcid.org/0000-0003-4325-5313>

<https://orcid.org/0009-0006-4331-3631>



АГРОНОМІЯ

УДК 631.95:631.531:631.847

Елементи технології сталого вирощування органічної сої без використання синтетичних добрив і пестицидів

Сиромятников Ю.М.¹ , Куц О.В.² , Яковлєва А.С.³ , Семенов В.В.² ,
Сиромятніков П.С.² , Куц О.А.⁴ , Семенов В.І.² 

¹ Латвійський університет природничих наук і технологій² Державний біотехнологічний університет³ BTU-Center Europe GmbH⁴ Інститут екологічних агротехнологій

E-mail: Сиромятников Ю.М. gara176@btu.kharkov.ua; Куц О.В. kutzalexandr@gmail.com;
Яковлєва А.С. aianastas@gmail.com; Семенов В.В. sementsov1984@ukr.net;
Сиромятніков П.С. Ukridu@gmail.com; Куц О.А. kutsolena17@gmail.com;
Семенов В.І. uoy7@btu.kharkov.ua



Сиромятников Ю.М., Куц О.В., Яковлєва А.С., Семенов В.В., Сиромятніков П.С., Куц О.А., Семенов В.І. Елементи технології сталого вирощування органічної сої без використання синтетичних добрив і пестицидів. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 162–170.

Syromyatnikov Yu., Kuts O., Yakovlieva A., Sementsov V., Syromyatnikov P., Kuts O., Sementsov V. Elements of sustainable organic soybean cultivation technology without the use of synthetic fertilizers and pesticides. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 162–170.

Рукопис отримано: 28.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-162-170

У статті висвітлено результати експериментальних досліджень, спрямованих на вдосконалення технології вирощування органічної сої завдяки застосуванню біологічних препаратів, зокрема інокулянта RIZOLINE-г (штами *Bradyrhizobium japonicum*) та біостимулятора KALNINI. Метою роботи було визначення впливу зазначених біологічних прийомів на морфогенез, симбіотичну ефективність, фотосинтетичний потенціал та біохімічні параметри зерна сої. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. в умовах контрольованого середовища теплиці на базі Інституту AgriHortS Латвійського університету природничих наук і технологій. Вивчали три сорти сої (Laulema, Paradi, Tigan), дві схеми інокуляції (контроль та обробка препаратом RIZOLINE-г у нормі 3 л/т) та три варіанти позакореневого внесення KALNINI (без обробки, у фазу V3, у фазу R2). Облік включав оцінку морфометричних показників, симбіотичної активності (кількість, маса та колір бульбочок), фотосинтетичного потенціалу (SPAD-індекс), урожайності та вмісту білка й жиру в зерні. Результати показали, що використання інокулянта RIZOLINE-г окремо забезпечувало збільшення кількості бульбочок на 48,9 %, SPAD-індексу – на 16,6 %, урожайності – на 22,4 %, а вмісту білка – на 1,2 % у порівнянні з контролем. Позакореневе обприскування KALNINI сприяло підвищенню цих показників на 28,9; 10,2; 13,3 та 0,9 % відповідно. Максимальні значення досягнуто за комбінованого використання обох препаратів: приріст бульбочок +64,4 %, SPAD +25,8 %, урожайність +35,7 %, білка +1,9 %, жиру +0,8 %. Встановлено тісний позитивний кореляційний зв'язок між фотосинтетичним індексом SPAD та урожайністю ($r = 0,86$), масою бульбочок і вмістом білка ($r = 0,74$), SPAD і вмістом жиру ($r = 0,97$). Це дозволяє рекомендувати поєднане використання RIZOLINE-г і KALNINI як ефективний елемент технології вирощування сої в умовах органічного землеробства для стимуляції симбіозу, активізації фотосинтезу та покращення якісних показників урожаю.

Ключові слова: органічне землеробство, соя, інокуляція, біостимулятори, симбіоз, фотосинтез, урожайність, біохімічний склад.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Забезпечення стабільної продуктивності сої (*Glycine max* L.) в умовах органічного землеробства є одним із пріоритетних напрямів сучасних агробіотехнологічних досліджень. Це обумовлено низкою чинників, зокрема екологічними обмеженнями щодо застосування синтетичних агрохімікатів, потребою у відновленні родючості ґрунтів і необхідністю підвищення ефективності біологічних процесів, таких як симбіотична азотфіксація. У цьому контексті особливу увагу приділяють використанню біологічних препаратів – інокулянтів на основі *Bradyrhizobium japonicum* та біостимуляторів природного походження, які демонструють високу ефективність у підвищенні симбіотичної активності, фотосинтетичної продуктивності та якісних показників урожаю [1, 2].

Передпосівна інокуляція насіння сої мікробними штамами *B. japonicum* активізує формування бульбочкових структур, інтенсифікує процеси біологічної фіксації азоту (BNF) та сприяє зростанню вмісту сирого білка в насінні [3, 4]. Це пов'язано з підвищенням маси та кількості бульбочок, які є основними фізіологічними індикаторами симбіотичної активності. Біологічні інокулянти також покращують доступність макро- та мікроелементів, особливо фосфору та заліза, через стимуляцію активності фосфатаз і хелатування [5, 6]. Водночас позакореневе внесення біостимуляторів – амінокислотних комплексів, екстрактів морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*), фульвових кислот – приводить до посилення фотосинтетичної активності, зростання листової поверхні, збільшення вмісту хлорофілу та активації антиоксидантної системи рослин [7, 8].

Наукові дослідження також засвідчують наявність тісного кореляційного зв'язку між рівнем фотосинтетичних пігментів (хлорофіл а, хлорофіл b, каротиноїди) та показниками урожайності, зокрема масою 1000 насінин, вмістом білка та олії в зерні [9, 10]. Це відкриває можливість використання непрямих методів оцінювання якості врожаю на ранніх етапах вегетації. Значну роль у цих процесах відіграє мікробіота ризосфери, яка забезпечує конкурентоспроможність симбіотичних штамів, покращує біодоступність поживних речовин і модуляторно впливає на стійкість рослин до абіотичних стресів [11, 12].

Інтегроване застосування інокулянтів і біостимуляторів розглядається як перспективна біоадаптивна технологія. Синергічна дія мікроорганізмів і біоактивних речовин

дозволяє досягти кращого розвитку кореневої системи, підвищити фотосинтетичну ефективність та врожайність у порівнянні з моно-технологіями [13, 14]. Наприклад, подвійна інокуляція із застосуванням арбускулярних мікоризних грибів (*Rhizophagus irregularis*) та *B. japonicum* сприяє покращенню доступу до фосфору, стимулює біомасу і вміст макроелементів у тканинах рослин [15, 16].

Однак, незважаючи на численні позитивні результати, досі залишаються невирішеними питання, пов'язані з оптимальними фазами обробки, сортовими особливостями реакції сої на різні штами бактерій і склад біостимуляторів, а також з довготривалим впливом біопрепаратів на агроєкосистему [17, 18]. Крім того, потребує подальшого вивчення генетична регуляція відповіді рослин на обробку – за даними молекулярних досліджень, біостимулятори активують експресію генів, пов'язаних із метаболізмом азоту, синтезом амінокислот та антиоксидантними шляхами [19, 20].

Отже, удосконалення технологій вирощування сої в органічному землеробстві за комплексного застосування біологічних інокулянтів та біостимуляторів становить науково обґрунтовану і перспективну стратегію, що здатна забезпечити екологічну стійкість, продуктивність і якість продукції.

Мета дослідження – встановлення ефективності інокуляції насіння сої препаратом RIZOLINE-г та позакореневих обробок біостимулятором KALNINI щодо впливу на морфогенез, симбіотичну активність, фотосинтетичний потенціал і якісні характеристики зерна сої (вміст білка й жиру) в умовах органічного вирощування, з урахуванням сортових особливостей та фаз застосування препаратів.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на базі Інституту досліджень у галузі захисту рослин “AgriHortS” Латвійського університету природничих наук і технологій, який спеціалізується на фундаментальних і прикладних дослідженнях у сфері сталих технологій захисту рослин в умовах органічного та інтегрованого землеробства. Інститут зосереджує наукову діяльність на вивченні корисних організмів, розробці біологічних методів контролю шкідливих об'єктів та адаптації сучасних агротехнологій до умов Латвії. Метою дослідження було визначення впливу інокуляції насіння сої та позакореневих обробок біостимулятором росту на морфогенез, симбіотичну активність, фотосинтетичну продуктивність і біохімічний склад зерна в умовах органічного вирощування.

Вегетаційний дослід проводили у контейнерах об'ємом 10 літрів, наповнених сертифікованим органічним субстратом «Senelio» (рис. 1).

Схему експерименту розроблено як трифакторний дослід у трикратній повторності, що дозволяє оцінити як окрему, так і комбіновану дію агроприймів. Насіння висівали на глибину 3–5 см за температури ґрунту 12–14 °С. Перед сівбою його обробляли біофунгіцидом РНУТОНЕЛР у нормі 1,0–1,5 л/т,



Рис. 1. Вегетаційний дослід із вирощування органічної сої в контрольованих умовах теплиці AgriHortS (Latvia University of Life Sciences and Technologies).

після чого проводили інокуляцію препаратом RIZOLINE-г (3 л/т), до складу якого входять ефективні штами *Bradyrhizobium japonicum*. Позакореневі обробки виконували біостимулятором KALNINI (1% водний розчин) у відповідні фази вегетації – третій трійчастий листок (V3) та повне цвітіння (R2), згідно зі шкалою BBCH.

Упродовж вегетації проводили реєстрацію фенологічних фаз розвитку за шкалою BBCH, вимірювали висоту рослин, площу листової поверхні, кількість і масу бульбочок, масу сирої та сухої надземної біомаси. Для оцінки фотосинтетичної активності використовували хлорофілометр, що дозволяло визначити вміст хлорофілу в одиницях SPAD та розраховувати фотосинтетичний потенціал. Оцінка симбіотичної ефективності включала визначення інтенсивності формування бульбочок, візуальну оцінку їхнього кольору, а також визначення коефіцієнта симбіотичної активності з урахуванням маси фіксованого азоту. Біохімічний аналіз зерна передбачав визначення вмісту сирого протеїну за методом К'ельдаля, жиру – методом Сокслета, а також сухої речовини за допомогою висушування до сталої маси за температури 105 °С. Усі аналізи проводили згідно з офіційними протоколами лабораторії якості сільськогосподарської продукції.

Отримані результати обробляли методами дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel, Statistica 12.0 та SigmaPlot. Для визначення вірогідності впливу досліджуваних факторів використовували критерій Ст'юдента, за рівня значущості $p \leq 0,05$. Побудова діаграм розсіювання, регресійних моделей та статистичне зіставлення середніх значень дозволили кількісно оцінити ефективність кожного варіанта дослідів, що стало основою для формулювання висновків і науково обґрунтованих рекомендацій для органічного виробництва сої в умовах Латвії.

Таблиця 1 – Схема факторного експерименту з вирощування органічної сої

Фактор	Рівні	Опис
A	1, 2, 3	Сорти сої: <i>Laulema</i> , <i>Paradi</i> , <i>Tiguan</i>
B	1 – без інокуляції 2 – RIZOLINE-г (3 л/т)	Інокуляція насіння біопрепаратом
C	1 – без обробки 2 – у фазу V3 3 – у фазу R2	Позакореневі обробки біостимулятором KALNINI (1 %)

Результати дослідження та обговорення. Наведені у таблиці 2 дані свідчать, що найнижчі показники симбіотичної активності, фотосинтетичного потенціалу та врожайності спостерігались у контрольному варіанті без застосування біопрепаратів. Кількість бульбочок у цьому варіанті становила 45 шт./рослину, а маса бульбочок – 320 мг/рослину. Вміст хлорофілу за індексом SPAD був на рівні 39,2, урожайність становила лише 2,41 т/га за вмісту білка 36,1 % і жиру 18,4 %.

Застосування лише інокуляції препаратом RIZOLINE-г сприяло зростанню кількості бульбочок на 48,9 %, а їх маси – на 46,9 % порівняно з контролем. SPAD-значення зросло до 45,7 (+16,6 %), урожайність – до 2,95 т/га (+22,4 %), вміст білка – до 37,3 % (+1,2 відсоткового пункту), а жиру – до 18,9 %.

У варіанті лише з позакореневим обприскуванням KALNINI (без інокуляції) також відмічено позитивну динаміку: приріст бульбочок становив 28,9 %, урожайності – +13,3 %, вмісту білка – +0,9 %, жиру – +0,3 % порівняно з контролем. При цьому SPAD-показник підвищився до 43,2 одиниць.

Найвищі значення всіх показників зафіксовано у варіанті з комбінованим застосуванням RIZOLINE-г + KALNINI. Кількість бульбочок зросла до 74 шт./рослину (+64,4 % відносно контролю), маса – до 516 мг (+61,3 %), SPAD – до 49,3 (+25,8 %). Урожайність у цьому варіанті становила 3,27 т/га, що на 35,7 % перевищувало контрольний варіант. Вміст білка сягав 38,0 %, жиру – 19,2 %, що відповідно на 1,9 і 0,8 % більше, ніж у контролі.

Відповідно до значень $LSD_{0,05}$ усі відмінності між дослідними варіантами та контролем є статистично достовірними: критичне значення для урожайності становило 0,18 т/га, для вмісту білка – 0,6 %, для SPAD – 2,1 одиниці. Це підтверджує ефективність застосування біологічних препаратів як окремо, так і в комбінації для стимуляції ростових процесів, формування ефективного симбіозу та підвищення продуктивності сої в умовах органічного землеробства.

Рисунок 2 відображає результати узгальненого дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу, проведеного за результатами польового експерименту, спрямованого на оцінку впливу інокуляції препаратом RIZOLINE-г (біологічний інокулянт на основі *Bradyrhizobium japonicum*) та позакореневих обробок біостимулятором KALNINI (1 % водний розчин) на фізіолого-біохімічні показники й урожайність сої

сорту *Tiguan* в умовах органічного вирощування.

Графік 1 «Варіація врожайності» відображає результати дисперсійного аналізу (ANOVA), що дозволяє кількісно оцінити варіацію урожайності залежно від комбінацій факторів. Побудована стовпчаста діаграма ілюструє середні значення врожайності (т/га) в чотирьох варіантах досліді: Контроль (без обробки), RIZOLINE-г (інокуляція), KALNINI (двократне позакореневе обприскування у фазах V3 і R2) та комбінація RIZOLINE-г + KALNINI. Урожайність у контрольному варіанті становила 2,41 т/га, у варіантах з обробкою лише RIZOLINE-г – 2,95 т/га (+22,4 %), лише KALNINI – 2,73 т/га (+13,3 %), а за їх поєднання – 3,27 т/га (+35,7 % до контролю). Критичне значення $LSD_{0,05} = 0,18$ т/га підтверджує достовірність виявлених відмінностей. Ці результати свідчать, що найбільший внесок у дисперсію урожайності забезпечує фактор інокуляції ($\eta^2 = 34$ %), що відображає ключове значення симбіотичного азоту в органічному землеробстві.

Графік 2 «SPAD-хлорофіл ~ Урожайність» є результатом кореляційно-регресійного аналізу взаємозв'язку між вмістом хлорофілу в листках (визначено за SPAD-індексом) та урожайністю. На графіку представлено точки дослідних варіантів, лінію регресії та довірчий інтервал 95 %. Зростання SPAD-значень від 39,2 (контроль) до 49,3 (RIZOLINE-г + KALNINI) супроводжувалося збільшенням урожайності з 2,41 до 3,27 т/га, що підтверджує тісний позитивний зв'язок ($r = 0,86$). Це свідчить про вплив біостимулятора KALNINI на фотосинтетичну активність, що, своєю чергою, є визначальним фактором продуктивності у системах без добрив.

Графік 3 «Маса бульбочок ~ Білок» ілюструє зв'язок між симбіотичною активністю (за масою бульбочок на рослину, мг) та якісними характеристиками продукції (вміст сирого білка, %). Застосування RIZOLINE-г збільшувало масу бульбочок із 320 до 516 мг/роsl. (+61,3 %), що супроводжувалося підвищенням білка з 36,1 до 38,0 %. Коефіцієнт кореляції $r = 0,74$ вказує на високий ступінь залежності вмісту білка від ефективності біологічної фіксації азоту. Така регресійна модель є корисною для прогнозування якісних параметрів зерна в органічному виробництві.

Графік 4 «Кількість бульбочок ~ Урожайність» показує пряму лінійну залежність між кількістю бульбочок (шт./роsl.) та врожайністю. Кількість бульбочок збільшувалася

з 45 шт./роsl. (контроль) до 74 шт./роsl. (RIZOLINE-г + KALNINI), відповідно урожайність зростала з 2,41 до 3,27 т/га (+64,4 % бульбочок, +35,7 % урожайності). Коефіцієнт кореляції $r = 0,79$ свідчить про сильний функціональний взаємозв'язок, що підтверджує ефективність інокуляції в умовах органічного вирощування.

Отже, проведений дисперсійний та кореляційно-регресійний аналіз експеримен-

тальних даних дозволив встановити не лише наявність достовірних ефектів від агроприйомів, а також кількісні залежності між фізіологічними та продуктивними показниками. Комбіноване застосування RIZOLINE-г та KALNINI забезпечує активізацію фотосинтезу, стимулює бульбочкоутворення, підвищує ефективність симбіозу, а відтак – збільшує урожайність та якість зерна сої в органічному землеробстві.

Таблиця 2 – Вплив застосування RIZOLINE-г і KALNINI на показники симбіотичної активності та продуктивності сої (середні значення)

Варіант	Кількість бульбочок, шт./роsl.	Маса бульбочок, мг/роsl.	SPAD-хлорофіл	Урожайність, т/га	Білок, %	Жир, %
Контроль	45	320	39,2	2,41	36,1	18,4
RIZOLINE-г	67	470	45,7	2,95	37,3	18,9
KALNINI	58	410	43,2	2,73	37,0	18,7
RIZOLINE-г + KALNINI	74	516	49,3	3,27	38,0	19,2
НІР _{0,05}	9	42	2,1	0,18	0,6	0,3

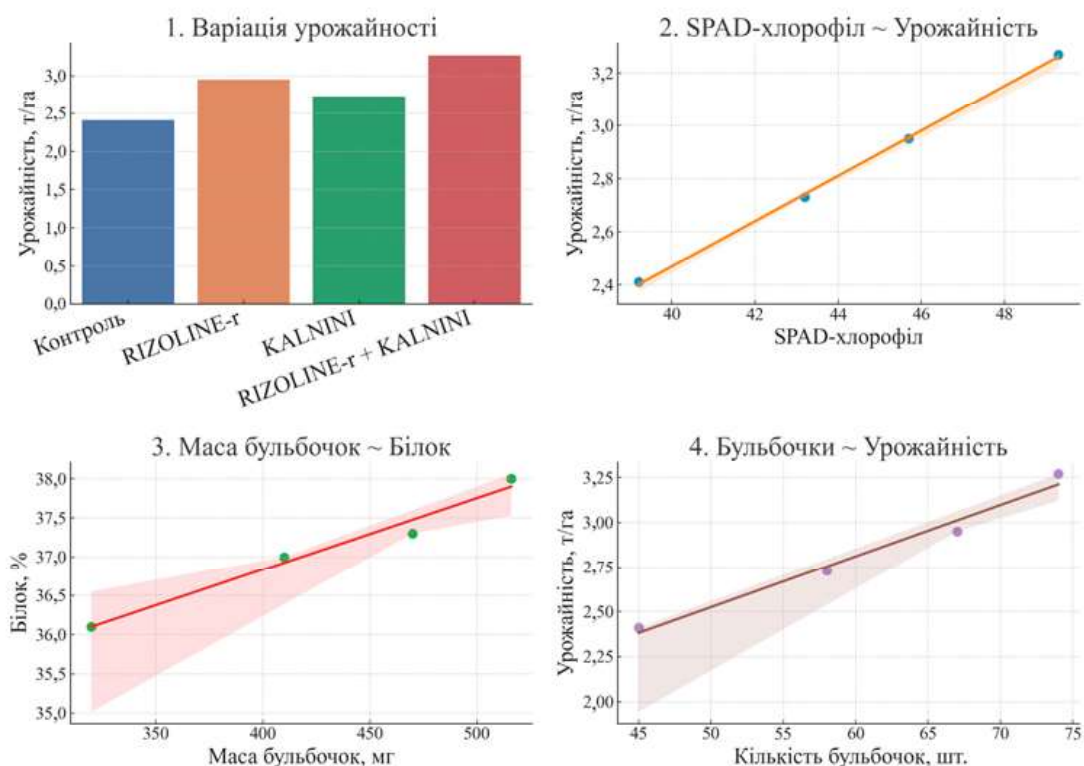


Рис. 2. Візуалізація дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу дослідних варіантів вирощування органічної сої з використанням препаратів RIZOLINE-г та KALNINI.

Аналіз отриманих даних (рис. 3) підтвердив статистично достовірні позитивні кореляційні залежності між біохімічними показниками зерна сої (вміст білка і жиру) та фотосинтетичною активністю, оціненою за індексом SPAD.

На першому графіку встановлено, що зі зростанням вмісту сирого білка від 36,1 до 38,0 % урожайність зростала від 2,41 до 3,27 т/га. Приріст урожайності становив +35,7 %, водночас коефіцієнт кореляції між білком і врожайністю становив $r = 0,95$, що свідчить про дуже сильний зв'язок. Це вказує на те, що більш продуктивні рослини мають кращий амінокислотний обмін та білковий синтез.

Другий графік відображає залежність між вмістом білка і жиру: зі збільшенням білка з 36,1 до 38,0 %, вміст жиру зростав з 18,4 до 19,2 %, тобто на +0,8 в.п. або 4,3 %. Кореляція між цими показниками була $r = 0,89$, що свідчить про взаємозв'язане формування біохімічних складових зерна під впливом біологічних обробок.

На третьому графіку зафіксовано позитивний зв'язок між SPAD-індексом (хлорофіл) і вмістом білка в насінні ($r = 0,93$). Зі зростанням фотосинтетичного потенціалу від 39,2 до 49,3 одиниць SPAD, вміст білка зростав на 1,9 в.п. (відносно +5,3 %), що по-

яснюється покращеним азотним живленням через симбіотичну фіксацію азоту та активацію фотосинтезу.

Четвертий графік підтверджує високий рівень кореляції між SPAD-індексом і вмістом жиру ($r = 0,97$). Із зростанням SPAD з 39,2 до 49,3, вміст жиру збільшився на 0,8 %, це демонструє що фотосинтетична активність є не лише індикатором ростових процесів, а також чинником, який впливає на нагромадження енергетичних сполук, зокрема жирів.

Отже, встановлені зв'язки підтверджують, що підвищення фотосинтетичної активності рослин сої тісно пов'язане з покращенням якісного складу зерна, зокрема білка і жиру, що має практичне значення для органічного виробництва з високими харчовими та кормовими характеристиками.

Отримані результати експерименту свідчать про високу ефективність застосування біологічних препаратів RIZOLINE-г та KALNINI в умовах органічного землеробства. Статистично достовірне підвищення симбіотичної активності, фотосинтетичної продуктивності та урожайності сої зафіксовано як за окремого використання інокулянта або біостимулятора, так і за їх поєднання, що узгоджується з даними сучасних досліджень [1, 4, 8, 10].

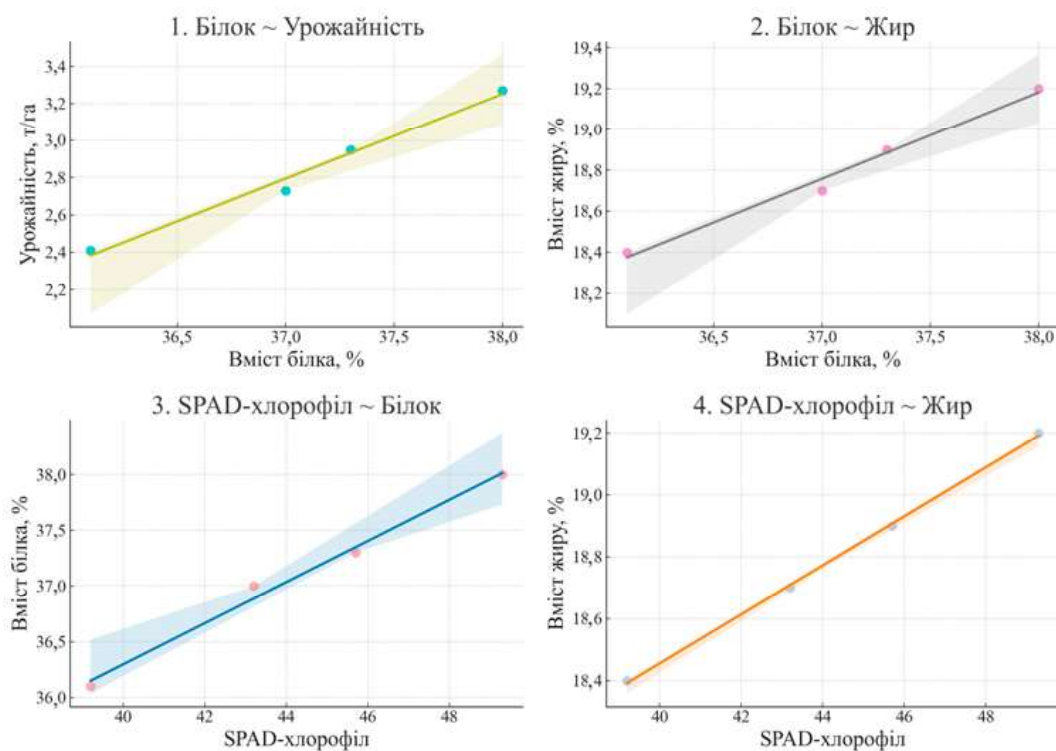


Рис. 3. Взаємозв'язки між біохімічними показниками сої та фотосинтетичною активністю.

Різке зростання кількості бульбочок (+64,4 %) та їх маси (+61,3 %) у варіанті з комбінацією препаратів підтверджує стимулювальну дію *Bradyrhizobium japonicum* на формування симбіозу, що також визначено у роботах [2, 5, 11]. Такий ефект, ймовірно, обумовлений поліпшенням умов азотного живлення, а також посиленням метаболічної активності під впливом регуляторів росту [3, 12]. Аналогічно, збільшення індексу SPAD свідчить про покращення фотосинтетичного потенціалу та функціонального стану листового апарату, що є ключовим чинником у біомасоутворенні [6, 9, 15].

Виявлені тісні кореляційні залежності між фотосинтетичною активністю та вмістом білка ($r = 0,93$), жиру ($r = 0,97$), а також між урожайністю і біохімічними показниками, збігаються з результатами, отриманими іншими авторами [13, 16, 17], які підтверджують, що SPAD-індекс є надійним індикатором загального фізіологічного стану рослин. Це дозволяє рекомендувати його як прогностичний критерій в оцінці ефективності агротехнічних прийомів у системі органічного виробництва.

Суттєве зростання урожайності (до 3,27 т/га, +35,7 % до контролю) під впливом комбінації RIZOLINE-г і KALNINI підтверджує гіпотезу про синергічну дію інокулянта та біостимулятора, що підтримується сучасними публікаціями щодо комбінованого використання PGPR-препаратів і фітогормонів у біологічних системах живлення [7, 14, 18]. Це особливо важливо з огляду на заборону синтетичних агрохімікатів у органічному виробництві, що обмежує можливості інтенсифікації через традиційні підходи [19, 20].

Ураховуючи встановлені регресійні моделі та кореляції, можна стверджувати, що поєднане застосування інокуляції та позакореневого обприскування забезпечує не лише підвищення врожайності, а також покращення якісного складу зерна, що має особливе значення для виробництва високоякісної харчової та кормової сої.

Висновки. 1. Проведене дослідження підтвердило високу ефективність біологічних препаратів RIZOLINE-г (інокулянт на основі *Bradyrhizobium japonicum*) та KALNINI (біостимулятор природного походження) для органічного вирощування сої. Їх окреме та комбіноване застосування забезпечувало достовірне підвищення показників симбіотичної активності, фотосинтетичного потенціалу, урожайності та якості зерна.

2. Найвищі показники зафіксовано у варіанті з комбінованим застосуванням препаратів: кількість бульбочок – 74 шт./рослину (+64,4 % до контролю), маса – 516 мг (+61,3 %), SPAD-індекс – 49,3 одиниці (+25,8 %), урожайність – 3,27 т/га (+35,7 %), вміст білка – 38,0 % (+1,9 в.п.), жиру – 19,2 % (+0,8 в.п.).

3. Виявлено сильні кореляційні зв'язки між агрофізіологічними та біохімічними показниками: між SPAD-індексом і урожайністю ($r = 0,86$), масою бульбочок і вмістом білка ($r = 0,74$), SPAD-індексом і вмістом жиру ($r = 0,97$), що свідчить про комплексний вплив біологічної дії препаратів на обмінні процеси в рослині.

4. Доведено, що поєднання інокуляції та позакореневого підживлення дозволяє посилити ефект кожного агроприйому, підвищуючи ефективність азотфіксації, фотосинтезу та метаболізму з утворенням продукції з покращеними якісними параметрами.

5. Результати дослідження можуть бути рекомендовані до впровадження у технології органічного землеробства як науково обґрунтовані агроприйоми для підвищення продуктивності та якості сої без застосування синтетичних добрив і пестицидів, з урахуванням сортової специфіки й фаз вегетації.

Подяки. Дослідження виконано в межах реалізації проєкту № 5.2.1.1.i.0/2/24/I/CFLA/002 «Зміцнення інституційної спроможності Латвійського університету природничих наук і технологій для забезпечення досконалості у навчанні та дослідженнях» згідно з договором № 3.2.-10/197. Автори висловлюють щирі подяку співробітникам Інституту досліджень у галузі захисту рослин “AgriHortS” за надану дослідну базу, технічну підтримку та методичну допомогу під час проведення вегетаційного експерименту, а також фахівцям лабораторії біохімічного аналізу за кваліфіковану участь у визначенні показників якості зерна.

LIST OF REFERENCES

1. Gitonga N.M., Njeru E.M., Cheruiyot R., Maingi J. *Bradyrhizobium* inoculation has a greater effect on soybean growth, production and yield quality in organic than conventional farming systems. *Cogent Food & Agriculture*. 2021. No 7. 1 p. DOI: 10.1080/23311932.2021.1935529
2. Joshi N., Parewa H.P., Sharma J. Use of microbial biostimulants in organic farming. *Advances in Organic Farming*. 2021. No 5. P. 59–73. DOI: 10.1016/b978-0-12-822358-1.00011-0

3. Sankhala J., Waktaliya A., Raghuvanshi R. Harnessing Biostimulants to Mitigate Abiotic Stress in Soybean Production: An Overview. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2024. No 30. P. 53–65. DOI: 10.9734/jsrr/2024/v30i122650
4. Melo G.B., Silva, A.G.D., Perin A. Agonomic Performance of Soybean With Seeds Treated With an Algae Extract Base Biostimulant. *Journal of Agricultural Science*. 2020. No 13(1). P. 147–157. DOI: 10.5539/jas.v13n1p147
5. Avornyo V.K., Manu A., Adu-Gyamfi R. Response of Soybean to PS-Foundation 1-0-1 Biostimulant, Triple Super Phosphate, and Rhizobium Inoculant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2020. No 51. P. 985–996. DOI: 10.1080/00103624.2020.1744627
6. Briglia N., Petrozza A., Hoeberichts F. Investigating the Impact of Biostimulants on the Row Crops Corn and Soybean Using High-Efficiency Phenotyping and Next Generation Sequencing. *Agronomy*. 2019. No 9(11). 761 p. DOI: 10.3390/agronomy9110761
7. Suárez H.J., Zuaznabar R., González M.N. Evaluation of two biostimulants in soybean production. *MOJ Biology and Medicine*. 2023. No 8(1). P. 1–3. DOI: 10.15406/mojbm.2023.08.00174
8. Dzhumanazarova A., Stozhko N., Dzhorupbekova D. Biological preparations from crop waste for organic farming. *E3S Web of Conferences*. 2024. No 537. 10010 p. DOI: 10.1051/e3sconf/202453710010
9. Silva J.H.B., Da Silva A.V., Da Silva C.M. Soybean response (*Glycine max* L.) under the use of biostimulants: A literature review. *Scientific Electronic Archives*. 2023. No 16(10). P. 8–13. DOI: 10.36560/161020231798
10. Suciú L., Tărău A., Urdă C. The influence of bacterial inoculants on pathogens, yield and quality in soybean crop. *AgroLife Scientific Journal*. 2021. No 10(2). P. 221–226. DOI: 10.17930/agl2021125
11. Rymuza K., Radzka E., Cała J. The Effect of Applied Biostimulants on the Yielding of Three Non-Genetically Modified Soybean Cultivars. *Agriculture*. 2023. No 13(4). 900 p. DOI: 10.3390/agriculture13040900
12. Vishwanatha S., Shwetha B., Koppalkar B. Response of Blackgram (*Vigna mungo* L.) and Soybean (*Glycine max* L.) to Novel Bio Stimulants in North Eastern Dry Zone of Karnataka. *Legume Research – An International Journal*. 2022. No 45(1). P. 1439–1535. DOI: 10.18805/lr-4858
13. Pal G., Kumar K., Verma A., Verma S. Application of bacterial biostimulants in promoting growth and disease prevention in crop plants. *Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development*. 2021. No 17. P. 393–410. DOI: 10.1016/b978-0-12-823048-0.00003-4
14. Sani M.N.H., Yong J. Harnessing Synergistic Biostimulatory Processes: A Plausible Approach for Enhanced Crop Growth and Resilience in Organic Farming. *Biology*. 2021. No 11. 41 p. DOI: 10.3390/biology11010041
15. Gitonga N.M., Koskey G., Njeru E.M. Dual inoculation of soybean with *Rhizophagus irregularis* and commercial *Bradyrhizobium japonicum* increases nitrogen fixation and growth in organic and conventional soils. *AIMS Agriculture and Food*. 2021. No 6(2). P. 478–495. DOI: 10.3934/AGR-FOOD.2021028
16. Rosa V.R., Santos A.L.F., Silva A.A. Increased soybean tolerance to water deficiency through biostimulant based on fulvic acids and *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020. No 155. P. 170–181. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.11.008
17. Rymuza K., Radzka E., Cała J. The Effect of Applied Biostimulants on the Yielding of Three Non-Genetically Modified Soybean Cultivars. *Agriculture*. 2023. No 13(4). 900 p. DOI: 10.3390/agriculture13040900
18. Dzhumanazarova A., Stozhko N., Dzhorupbekova D. Biological preparations from crop waste for organic farming. *E3S Web of Conferences*. 2024. No 537. 10010 p. DOI: 10.1051/e3sconf/202453710010
19. Sankhala J., Waktaliya A., Raghuvanshi R. Harnessing Biostimulants to Mitigate Abiotic Stress in Soybean Production: An Overview. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2024. No 30. P. 53–65. DOI: 10.9734/jsrr/2024/v30i122650
20. Avornyo V.K., Manu A., Adu-Gyamfi R. Response of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr) to PS-Foundation 1-0-1 Biostimulant, Triple Super Phosphate, and Rhizobium Inoculant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2020. No 51. P. 985–996. DOI: 10.1080/00103624.2020.1744627

Elements of sustainable organic soybean cultivation technology without the use of synthetic fertilizers and pesticides

Syromyatnikov Yu., Kuts O., Yakovlieva A., Sementsov V., Syromyatnikov P., Kuts O., Sementsov V.

The article presents the results of an experimental studies aimed at improving the technology of organic soybean cultivation through the application of biological preparations, namely the inoculant «RIZOLINE-r» (based on *Bradyrhizobium japonicum* strains) and plant biostimulant «KALNINI». The aim of the study was to determine the effect of biological techniques on the morphogenesis, symbiotic efficiency, photosynthetic potential and biochemical parameters of soybean grain. The studies were conducted in 2024–2025 in controlled greenhouse conditions at the AgriHortS Institute of Latvia University of Life Sciences and Technologies. The study involved three soybean varieties («Laulema», «Paradi», «Tiguan»), two inoculation schemes (control and treatment with «RIZOLINE-r» at a rate of 3 l/t) and three variants of foliar application of «KALNINI» (no treatment in phase V3, in phase R2). The survey included assessment of morphometric parameters, symbiotic activity (number,

weight and colour of tubers), photosynthetic potential (SPAD index), yield and protein and fat content in grain. The findings showed that the separate use of «RIZOLINE-r» increased nodule number by 48.9 %, SPAD- value – by 16.6 %, yield – by 22.4 %, and protein content – by 1.2 % compared to the control. Foliar application of «KALNINI» contributed to the increase of these indicators by 28.9; 10.2; 13.3 and 0.9 % respectively. The maximum values were achieved with the combined use of both preparations: tuber growth +64.4 %, SPAD +25.8 %, yield +35.7 %, protein +1.9 %, fat +0.8 % compared to

the untreated control. A close positive correlation was established between the photosynthetic SPAD index and yield ($r = 0.86$), bubble and protein mass ($r = 0.74$), SPAD and fat content ($r = 0.97$). This allows us to recommend the combined use of «RIZOLINE-r» and «KALNINI» as an effective element of soybean cultivation technology under organic farming conditions to stimulate symbiosis, activate photosynthesis and improve the quality indicators of the crop.

Key words: organic farming, soybean, inoculation, biostimulant, symbiosis, photosynthesis, yield, biochemical composition.



Copyright: Сиромятников Ю.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:

Сиромятников Ю.М.

<https://orcid.org/0000-0001-9502-626X>

Куц О.В.

<https://orcid.org/0000-0003-2053-8142>

Яковлева А.С.

<https://orcid.org/0009-0002-7229-1786>

Семенцов В.В.

<https://orcid.org/0000-0001-7088-4436>

Сиромятніков П.С.

<https://orcid.org/0000-0002-4960-7327>

Куц О.А.

<https://orcid.org/0009-0004-8995-750X>

Семенцов В.І.

<https://orcid.org/0000-0001-6951-363>

АГРОНОМІЯ

УДК 635.262:631.524:632.112(292.485:447.41)

Оцінювання зразків часнику озимого за господарсько цінними ознаками в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України

Сич З.Д. , Кубрак С.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Кубрак С.М. E-mail: kubraksweta@ukr.net

Сич З.Д., Кубрак С.М. Оцінювання зразків часнику озимого за господарсько цінними ознаками в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 171–180.

Sych Z., Kubrak S. Evaluation of winter garlic samples for economically valuable traits in arid conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 171–180.

Рукопис отримано: 25.03.2025 р.

Прийнято: 09.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-171-180

Метою досліджень передбачено вивчення і виділення цінних сортів та місцевих клонів часнику озимого за тривалістю вегетаційного періоду, середньою масою головки і кількістю зубків, урожайністю та товарністю в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України. У результаті проведених досліджень виділено ранньостиглий зразок часнику озимого 8, походженням із Запорізької області з тривалістю вегетаційного періоду 104 доби. Найбільші головки формувалися у місцевих форм 8 (51 г) та 9 (61 г) із Запорізької області. Найвищу врожайність вдалося отримати за вирощування зразка 9 (Запорізька обл.) – 12,6 т/га. Слід зазначити, що Запорізька область є центром формування клонів інтенсивного великозубкового і урожайного сорту Любаша (селекціонер Захаренко І. І.). У сорту-контролю Ірен, який бере свій початок з клонів Донецької області, цей показник був на рівні 11,0 т/га. Найнижча урожайність головок спостерігалася у місцевої форми часнику озимого 13 (Черкаська обл.) – 6,6 т/га. Найкраще адаптувалися до чинників навколишнього середовища Правобережного Лісостепу України зразки, що були завезені із Київської області – 1 та 3. Коефіцієнт стабільності Левіса у них становив 1,2. Найгірші результати щодо цього показника спостерігали у місцевих форм 6, 10 та 14 із Дніпропетровської, Чернігівської і Черкаської областей, в яких цей показник становив відповідно 1,5; 1,6 і 1,6. Отже, у результаті досліджень 2022–2024 рр. виділено місцеві форми часнику озимого з найкоротшим вегетаційним періодом, найбільшою масою головки і найменшою кількістю зубків, найвищою врожайністю культури в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України. Найбільш скоростиглим (104 доби) виявився варіант 8, походженням із Запорізької області. Найкращі результати за середньою масою головки (61 г) та врожайністю (12,6 т/га) отримали від культивування зразка 9 із Запорізької області. Частка товарних головок у нього становила 74 %. Найменше зубків у головці (5 шт.) було у місцевих форм 2 (Київська обл.), 4 (Кіровоградська обл.), 11 (Чернігівська обл.) та 14 (Черкаська обл.). Найбільшим цей показник фіксували у головках варіантів 10 із Чернігівської та 12 з Житомирської областей – відповідно 10 та 8 зубків.

Ключові слова: часник озимий, сорти, місцеві форми, погодні умови, урожайність, маса головки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В Україні збільшення виробництва часнику озимого відбувається переважно завдяки розширенню посівних площ. Постійний попит на часникову продукцію зі специфічними характеристиками потребує селекції цієї культури та її адаптації до різних кліматичних умов. Тому в Україні вирощують місцеві сорти часнику, які добре пристосовуються до екологічних умов регіону. Їх оптимальний підбір має важливе значення та дозволяє значно підвищити урожайність, удосконалити якість продукції та зменшити ризик пошкодження рослин шкідниками і хворобами [13, 22, 23].

У світі часник озимий користується попитом, його вирощують як зелений овоч або приправу із лікувальними та нутріцевичними властивостями [10]. Використовують в багатьох типах продуктів, таких як часникова олія, порошок, сіль, паста та пластівці [4, 6, 7]. Комерційні сорти часнику повністю стерильні і розмножуються вегетативно. Віками нові сорти відбирали лише з наявних живих колекцій, природних або індукованих мутацій. Здебільшого, види *Allium* мають відносно великі геноми порівняно з іншими еукаріотами, представляючи виклик у вивченні еволюційної історії сільськогосподарських культур [1, 2, 8]. Однак, нещодавні досягнення у відновленні фертильності ряду генотипів привели до цвітіння та виробництва насіння. Зарубіжним селекціонерам, зокрема генетику Rina Kamenetsky з Ізраїлю, вдалося створити сорти, які мають генеративний спосіб розмноження. За останні 20 років плодючість часнику була відновлена, а дослідження та селекція зазнали швидкого прогресу. Однак механізми, що лежать в основі втрати фертильності і дегенерації репродуктивних органів у результаті вегетативного розмноження часнику та інших сільськогосподарських культур під час їх еволюції та одомашнення наразі не з'ясовані [5, 9, 11].

Фермери, вибираючи сорти озимого часнику для виробництва, враховують низку чинників, зокрема урожайність, масу головки, кількість зубчиків, ринковий попит, здатність адаптуватися до середовища та ціни [20, 22, 23]. Деякі господарства культивують місцеві форми власної селекції, які добре адаптувалися до умов регіону і дають непоганий урожай. Однак, у 2022–2024 рр. більше 95 % часнику вирощують господарства населення, а дефіцит покривається через імпорт із Китаю та інших країн [9, 14, 23].

Нині спостерігається дефіцит високоврожайних сортів, які з успіхом можна було б вирощувати на території України і занесено у 2022 р. – 16, а у 2023 та 2024 рр. – 21 сорт [15–18]. Вирощування часнику озимого без належного насінництва і оздоровлення садивного матеріалу спричинює стрімке виродження і зменшення урожайності в 2–3 покоління та погіршення його якості [3, 22, 23]. Отже, проблема виділення кращих та більш адаптованих сортів і місцевих форм часнику озимого за господарсько цінними ознаками лишається актуальною і потребує додаткового вивчення.

Мета дослідження. Виявити кращі сорти та місцеві форми часнику озимого за такими господарсько цінними ознаками як тривалість вегетаційного періоду, маса головки, кількість зубчиків, товарність, урожайність для посушливих умов Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження сортів і місцевих форм часнику озимого здійснювали на дослідному полі Білоцерківського НАУ в умовах Правобережного Лісостепу України (2022–2024 рр.). Колекція озимого часнику нараховувала близько 50 сортозразків з різних областей України: Дніпропетровської, Житомирської, Запорізької, Київської, Кіровоградської, Чернігівської та Черкаської. З них було виділено 14 найкращих клонів для подальшої селекційної роботи. Оцінювання сортів і місцевих форм проводили згідно з «Методикою дослідної справи в овочівництві і баштанництві» [21]. Як контроль було взято сорт Ірен, створений у 2018 р., господарством «Чистий продукт» (селекціонер Паращенко С.В., Дніпропетровська обл.). Ґрунти на дослідному полі належали до чорноземів типових малогумусних середньосуглинкових.

Дослідження зразків часнику озимого проводили в умовах природного зволоження. Посушливі явища спостерігали у другій–третьій декадах квітня і особливо продовж травня і червня 2022 та 2023 рр. у вигляді зменшення кількості опадів, зниження відносної вологості повітря, підвищення середньодобових температур, збільшення швидкості вітру. Зокрема, у 2022 та 2023 рр. сума опадів за травень була меншою відповідно на 10,9 і 38,1 мм, порівняно із середніми багаторічними показниками. Однак, впродовж травня 2024 р. спостерігалися більш сприятливі погодні умови. Опадів випало на 37,4 мм більше порівняно із середнім багаторічним показником. Аналогічні

явища помічали у червні 2022 і 2023 рр. – менше на 54,4 і 13,1 мм відповідно за роками. Однак у 2024 р. кількість опадів становила на 22,4 мм більше порівняно із середнім багаторічним показником. Ці посушливі періоди 2022 та 2023 рр. прискорювали досягання головок часнику озимого і були критичними для формування їх маси та кількості зубків.

Вирощування часнику озимого проводили за загальноприйнятою технологією [12]. Сорти та місцеві форми висаджували широкорядним способом за схемою 45х8 см (густота 278 тис. рослин/га). Головки часнику починали викопувати за появи ознак всихання листків. Зібраний урожай сортували на товарні і нетоварні головки та зважували окремо, керуючись відповідним стандартом [19]. Коефіцієнт фенотипової стабільності Левіса (SF) вираховували за формулою $SF = HE/LE$, де HE і LE відповідно найвище та найнижче значення врожаю в різні роки досліджень. Збільшення значень цих коефіцієнтів свідчить про зменшення стабільності [12]. Отримані дані досліджень обробляли статистичними методами дисперсійного аналізу та використовували комп'ютерну програму "Statistica-7" [12, 21].

Результати дослідження та обговорення. У результаті досліджень встановлено, що тривалість вегетаційного періоду у сортів та місцевих форм часнику озимого впродовж 2022 р. знаходилася в межах від 104 до 117 діб (табл. 1).

Найменшим він був у варіанта 8, який завезено із Запорізької області. Найбільше його значення спостерігали у місцевої форми, що походила з Черкащини. У контролю сорту Ірен тривалість вегетаційного періоду становила 107 діб. Однак разом з контролем або майже на рівні із ним помічали визрівання врожаю у таких зразків як 3 (Київська обл.), 5 (Кіровоградська обл.), 6 (Дніпропетровська обл.), 9 (Запорізька обл.). Вегетаційний період у них становив відповідно 106, 108, 107 і 107 діб.

У зв'язку з більш посушливими погодними умовами у 2023 р. тривалість вегетаційного періоду серед сортів та місцевих форм часнику озимого була порівняно меншою ніж в 2022 р. Найкоротшим він був у контролю Ірен (102 доби) та зразка 8 із Запорізької області (102 доби). Найдовше його значення спостерігали у чотирьох зразків (10, 11, 13 і 14), а саме із Черкаської (відповідно 114 та 111 діб) та Чернігівської областей (110 і 110 діб).

Таблиця 1 – Тривалість вегетаційного періоду сортів та місцевих форм часнику озимого

Зразок	Походження	Тривалість вегетаційного періоду, діб			
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022–2024 рр.
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	107	102	103	104
1	Київська обл., UKR	109	104	105	106
2	Київська обл., UKR	112	108	110	110
3	Київська обл., UKR	106	104	105	105
4	Кіровоградська обл., UKR	114	109	112	112
5	Кіровоградська обл., UKR	108	106	108	107
6	Дніпропетровська обл., UKR	107	105	107	106
7	Дніпропетровська обл., UKR	113	109	111	111
8	Запорізька обл., UKR	104	102	105	104
9	Запорізька обл., UKR	107	104	105	105
10	Чернігівська обл., UKR	114	110	112	112
11	Чернігівська обл., UKR	113	110	111	111
12	Житомирська обл., UKR	110	108	112	110
13	Черкаська обл., UKR	116	111	112	113
14	Черкаська обл., UKR	117	114	115	115
НІР ₀₅					1,7

Впродовж 2024 р. було відмічено, що на 2 доби пізніше за контроль достигали головки в місцевих форм, що були завезені із Київської (варіант 1 і 3) та Запорізької областей (варіант 8 і 9). Відповідно на 4 та 5 діб пізніше їх збирали у зразка 6 із Дніпропетровської та 5 Кіровоградської областей. Тривалим вегетаційним періодом характеризувався зразок 14, який походив із Черкаської області. Цей показник становив 115 діб. Серед досліджуваних місцевих форм були такі, у яких тривалість вегетаційного періоду була однаковою. Це зразки 4 (Кіровоградська обл.), 10 (Чернігівська обл.), 12 (Житомирська обл.) та 13 (Черкаська обл.), де значення цього показника становило 112 діб. Також дві місцеві форми з тривалістю вегетаційного періоду 111 діб. Сюди ввійшли два зразки – 7 та 11, завезені відповідно із Дніпропетровської і Чернігівської областей.

У середньому за три роки вивчення тривалості вегетаційного періоду у сортів та різних місцевих форм було виявлено

зразки часнику озимого, головки яких достигали раніше за інші. Зокрема, найменший показник спостерігали для рослин варіанта 8, завезеного із Запорізької області, де він становив 104 доби. У сорту-контролю Ірен тривалість вегетаційного періоду становила 104 доби. На одну добу пізніше за контроль визрівали головки у зразка 3 (Київська обл.) і 9 (Запорізька обл.). На 2–3 доби більшим був вегетаційний період у місцевих форм 1 (Київська обл.), 6 (Дніпропетровська обл.) та 5 (Кіровоградська обл.). Найтривалішим вегетаційним періодом характеризувалися такі зразки як 13 та 14, походженням із Черкаської області. Цей показник становив відповідно 113 і 115 діб. Однак, істотної різниці щодо тривалості вегетаційного періоду серед сортів та місцевих форм не було.

Урожайність сортів і місцевих форм часнику озимого впродовж 2022–2024 рр. була різною та залежала від погодних умов і генетичних особливостей (табл. 2).

Таблиця 2 – Урожайність місцевих форм часнику озимого (середнє за 2022–2024 рр.)

Зразок	Походження	Урожайність, т/га				Коефіцієнт стабільності Левіса (S. F.)
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022–2024 рр.	
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	13,1	9,6	10,2	11,0	1,4
1	Київська обл., UKR	8,0	6,8	7,4	7,4	1,2
2	Київська обл., UKR	9,8	6,9	7,5	8,1	1,4
3	Київська обл., UKR	7,6	6,1	7,2	7,0	1,2
4	Кіровоградська обл., UKR	10,5	8,0	9,3	9,3	1,3
5	Кіровоградська обл., UKR	9,1	6,7	7,3	7,7	1,4
6	Дніпропетровська обл., UKR	12,4	8,1	10,4	10,3	1,5
7	Дніпропетровська обл., UKR	11,3	7,8	8,4	9,2	1,4
8	Запорізька обл., UKR	12,4	8,6	10,5	10,5	1,4
9	Запорізька обл., UKR	14,5	10,9	12,3	12,6	1,3
10	Чернігівська обл., UKR	11,2	7,1	8,4	8,9	1,6
11	Чернігівська обл., UKR	8,9	6,9	7,5	7,8	1,3
12	Житомирська обл., UKR	9,6	7,6	8,2	8,5	1,3
13	Черкаська обл., UKR	7,5	6,0	6,6	6,7	1,3
14	Черкаська обл., UKR	11,3	7,1	9,6	9,3	1,6
НІР ₀₅					1,1	

Урожайність часнику озимого у 2022 р. змінювалася від 7,5 (варіант 13, Черкаська обл.) до 14,5 т/га (варіант 9, Запорізька обл.). Значення цього показника у сорту-контролю Ірен становило 13,1 т/га. Непогані результати отримали за вирощування зразка 4 із Кіровоградської обл., 6 та 7 – Дніпропетровської, 8 – Запорізької, 10 – Чернігівської, 14 – Черкаської обл. Вони формували урожайність головок відповідно 10,5; 12,4; 11,3; 12,4; 11,2 і 11,3. Погодні умови 2023 р. не були сприятливими для росту, розвитку та формування головок часнику озимого. Особливо негативно вплинуло відсутність опадів у травні та червні. Внаслідок цього у 2023 р. порівняно із 2022 р. відмічали зниження врожайності на 15–31 %. Найбільшу врожайність головок серед різних сортів та місцевих форм часнику озимого вдалося зібрати із варіанта 9 (Запорізька обл.), де цей показник становив 10,9 т/га. Найменшим (6 т/га) він був у варіанта 13, завезеного із Черкаської обл. Урожайність головок часнику у контролю Ірен становила 9,6 т/га.

Погодні умови 2024 р. були більш сприятливими для росту, розвитку та формування головок у різних сортів та місцевих форм часнику озимого. Зокрема, найвищою врожайністю (12,3 т/га) характеризувалася місцева форма 9 із Запорізької області. Найнижче її значення (6,6 т/га) відмічали за культивування зразка 13 (Черкаська обл.). У контролю Ірен урожайність товарних головок становила 10,2 т/га.

У середньому за три роки досліджень було встановлено, що найвищу урожайність головок часнику мали зразки 6 (Дніпропетровська обл.), 8 та 9 (Запорізька обл.), відповідно 10,3; 10,5 і 12,6 т/га. Для контролю сорту Ірен значення цього показника становило 11,0 т/га. Однак істотну різницю щодо цього показника спостерігали лише за вирощування місцевої форми 9, завезеної із Запорізької області.

Одним із важливих показників для кожного сорту та місцевої форми є пристосованість до умов культивування. Найліпше адаптувалися варіанти, які раніше вегетували в Київській області. Це такі місцеві форми як 1 і 3. Коефіцієнт стабільності Левіса у них становив 1,2. Найбільше реагували на чинники навколишнього середовища зразки 10 (Чернігівська обл.), 14 (Черкаська обл.) та 6 (Дніпропетровська обл.). У них спостерігали показник Левіса відповідно 1,6; 1,6 та 1,5, що свідчить про низьку стабільність.

Важливим господарсько цінним показником, що характеризує сорт чи місцеву форму є

товарність врожаю. Частка товарних головок, діаметр яких становив понад 4 см у різних варіантів часнику озимого впродовж 2022 р. змінювалася від 62 до 78 % (табл. 3).

Найнижчий відсоток товарності головок часнику відмічали у варіанта 3, завезеного із Київської області – 62 %, а найвищий – у двох зразків 6 (Дніпропетровська обл.) та 9 (Запорізька обл.) – 78 %.

Несприятливі погодні умови у 2023 р. негативно вплинули на товарність головок у сортів та місцевих форм часнику озимого. Найбільший відсоток товарних головок (71 %) відмічали за культивування двох зразків (6 і 9), завезених із Дніпропетровської та Запорізької областей. Найменшу частку спостерігали у місцевих форм 3 (Київська обл.) та 11 (Чернігівська обл.), де цей показник становив відповідно 56 та 58 %.

Найвища частка товарних головок впродовж 2024 р. спостерігалася у варіантів 6 і 9, що походили із Дніпропетровської і Запорізької областей. Значення цього показника становило 74 %. Найгірші результати отримали за вирощування місцевої форми 3 (Київська обл.) – товарність головок становила 58 %.

У середньому за 2022–2024 рр. товарність головок часнику озимого в сортів та місцевих форм коливалася від 59 (варіант 3, Київська обл.) до 74 % (зразки 6 і 9 відповідно із Дніпропетровської та Запорізької областей). Однак істотне значення щодо цього показника мали лише дві останні (зразок 6 і 9) та форма 8 (Запорізька обл.). Причому, маса товарної головки у варіанта 8 становила 73 %.

Упродовж 2022–2024 рр. відмічали різну масу головки та кількість зубків у сортів і місцевих форм часнику озимого (табл. 4).

Відсутність опадів у травні та червні 2023 р. негативно вплинуло на формування маси головки та зубків. Встановлено, що впродовж 2022 р. найбільші головки виростали у рослин варіантів 9 (Запорізька обл.) і 10 (Чернігівська обл.). Цей показник становив відповідно 67 та 60 г. Ці зразки мало відрізнялися від сорту-контролю Ірен. Зокрема, у контролю Ірен маса головки була меншою на 4 г від першого та більше на 3 г від другого зразка. Товарні великі головки також були у варіантів 6 і 7 (Дніпропетровська обл.), 8 (Запорізька обл.), 14 (Черкаська обл.). Маса головки у цих рослин становила 57; 54; 58 та 55 г.

Малі головки впродовж 2022 р. спостерігали у місцевих форм 13 (Черкаська обл.), 1 та 3 (Київська обл.), 5 (Кіровоградська обл.). Середня маса їх становила відповідно 41; 43; 44 і 46 г.

Таблиця 3 – Товарність головок у різних місцевих форм та сортів часнику озимого (середнє за 2022–2024 рр.)

Зразок	Походження	Товарність головок, %			
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022–2024 рр.
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	75	68	71	71
1	Київська обл., UKR	67	61	63	64
2	Київська обл., UKR	72	65	68	68
3	Київська обл., UKR	62	56	58	59
4	Кіровоградська обл., UKR	74	67	70	70
5	Кіровоградська обл., UKR	71	65	68	68
6	Дніпропетровська обл., UKR	78	71	74	74
7	Дніпропетровська обл., UKR	75	68	71	71
8	Запорізька обл., UKR	77	70	73	73
9	Запорізька обл., UKR	78	71	74	74
10	Чернігівська обл., UKR	67	61	63	64
11	Чернігівська обл., UKR	64	58	60	61
12	Житомирська обл., UKR	72	65	68	68
13	Черкаська обл., UKR	66	60	62	63
14	Черкаська обл., UKR	74	67	70	70
НІР ₀₅					0,5

Таблиця 4 – Маса головки та кількість зубків у сортів і місцевих форм часнику озимого (середнє за 2022–2024 рр.)

Зразок	Походження	Середня маса головки, г				Кількість зубків у головці, шт.
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022–2024 рр.	
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	63	51	52	55	6
1	Київська обл., UKR	43	40	42	42	6
2	Київська обл., UKR	49	38	40	42	5
3	Київська обл., UKR	44	39	45	43	6
4	Кіровоградська обл., UKR	51	43	48	47	5
5	Кіровоградська обл., UKR	46	37	39	41	6
6	Дніпропетровська обл., UKR	57	41	51	50	6
7	Дніпропетровська обл., UKR	54	41	43	46	6
8	Запорізька обл., UKR	58	44	52	51	6
9	Запорізька обл., UKR	67	55	60	61	6
10	Чернігівська обл., UKR	60	42	48	50	10
11	Чернігівська обл., UKR	50	43	45	46	5
12	Житомирська обл., UKR	48	42	43	44	8
13	Черкаська обл., UKR	41	36	38	38	5
14	Черкаська обл., UKR	55	38	49	47	5
НІР ₀₅					4,9	0,7

Погодні умови, а саме відсутність опадів впродовж травня та червня 2023 р. спричинили формування малих головок у різних сортів та місцевих форм часнику озимого. Зокрема, невеликі вони спостерігалися у трьох зразків, походженням із Київської області (1, 2 і 3), одного із Кіровоградської (5) та двох з Черкаської області (13 та 14). Маса головки у них сягала відповідно 40, 38 і 39 г (Київська обл.); 37 г (Кіровоградська обл.); 36 та 38 г (Черкаська обл.). Найбільшими вони були у місцевої форми 9 (Запорізька обл.). У сорту-контролю Ірен маса головки становила 51 г.

У 2024 р. погодні умови були більш сприятливими ніж у 2022 та 2023 рр. Зокрема, впродовж травня випало 83,5 мм опадів, що на 75,6 мм більше порівняно з 2023 р. та 48,4 мм із 2022 р. Аналогічні результати спостерігали у червні 2024 р. Впродовж цього місяця випала більша кількість опадів на 76,8 мм порівняно із 2022 р. та 35,5 з 2023 р. Однак, кількість опадів не була достатньою для росту і розвитку рослин та формування врожаю.

Найбільші головки у 2024 р. фіксували у зразка 9, що походив із Запорізької області. Їх середня маса сягала 61 г. Найменші вони виростали у рослин місцевих форм 5 (Кіровоградська обл.) та 13 (Черкаська обл.). Середня маса головки становила відповідно 38 та 39 г.

У середньому за 2022–2024 рр. досліджень було визначено істотно меншу масу головки за культивування місцевих форм 13 та 14 (Черкаська обл.), 5 (Кіровоградська обл.), 1, 2 і 3 (Київська обл.), 12 (Житомирська обл.) та 11 (Чернігівська обл.). Значення цього показника становило відповідно 38, 47, 41, 42, 42, 43, 44 та 46 г. Суттєво більшу масу головок порівняно з контролем Ірен спостерігали у рослин двох місцевих форм із Запорізької області (8 та 9), де вона становила відповідно 51 та 61 г.

Найбільшу кількість зубків нараховували у головках часнику озимого місцевих форм 10 і 12, походженням із Чернігівської (10 шт.) та Житомирської (8 шт.) областей. У середньому цей показник для різних зразків становив 5–6 штук. Найменше (5 штук) закладалося їх на рослинах варіантів 2 (Київська обл.), 4 (Кіровоградська обл.), 11 (Чернігівська обл.) та 14 (Черкаська обл.).

Кореляційним аналізом було встановлено, що тісний зв'язок спостерігали між масою головки і урожайністю ($r=0,99$) та масою зубка і головки ($r=0,73$). Слабкі зв'язки помічали між кількістю зубків і масою головки ($r=0,12$) та урожайністю і масою зубка ($r=0,04$). Обернена

кореляція була між масою зубка та їхньою кількістю у головці ($r=-0,4$).

Отже, вивчення господарсько цінних ознак різних сортів і місцевих форм часнику озимого та проведений кореляційний аналіз між ознаками дають можливість планувати селекційну роботу для створення сортів, пристосованих до мінливих погодних умов Правобережного Лісостепу України.

Висновки. У результаті проведених досліджень 2022–2024 рр. встановлено, що в умовах квітнево-червневих посух на Білоцерківщині, найкоротшим вегетаційним періодом (104 доби) характеризувалася місцева форма 8, що завезена із Запорізької області. Найтривалішим він був у варіанта 14 (Черкаська обл.) – 115 діб. Найвищу врожайність формували рослини варіанта 9 (Запорізька обл.) – 12,6 т/га. Найкраще до умов Білоцерківщини адаптувалися представники 1 та 3, що походили із Київщини. Коефіцієнт стабільності Левіса у них був 1,2. Найбільша частка товарних головок (74 %) спостерігалася у зразків 9 (Запорізька обл.) та 6 (Дніпропетровська обл.). Найважчі головки формувалися на рослинах варіантів 8 та 9 (Запорізька обл.). Найменше зубків, кількістю 5 шт. було у головках місцевих форм 2 (Київська обл.), 4 (Кіровоградська обл.), 11 (Чернігівська обл.) та 14 (Черкаська обл.).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Assessment of Genetic Diversity and Population Structure in a Garlic (*Allium sativum* L.) Germplasm Collection Varying in Bulb Content of Pyruvate, Phenolics, and Solids / K. Barboza et al. Sci. Hortic. 2020. 261. 108900.
2. Genetic Diversity Studies of Brazilian Garlic Cultivars and Quality Control of Garlic-Clover Production / G. Buso et al. Genet. Mol. Res. 2008. 7. P. 534–541.
3. Yield Losses Associated with Virus-Infected Garlic Plants during Five Successive Years / V.C. Conci et al. Plant Dis. 2003. 87. P. 1411–1415.
4. Dinu M., Soare R., Babeanu C., Botu M. Evaluation of Productivity Components and Antioxidant Activity of Different Types of Garlic Depending on the Morphological Organs. Horticulturae. 2023. 9. 1039 p. DOI: 10.3390/horticulturae9091039.
5. Dixit S., Singh S., Shukla I., Gupta J. Genetic Parameters and Diversity Studies Among Morphological Traits in Breeding Lines of Garlic (*Allium Sativum*L.). Bangladesh Journal of Botany. 2023. 52. P. 225–233. DOI: 10.3329/bjb.v52i2.66941.
6. Etoh T., Simon P. Diversity, fertility and seed production of garlic. Allium Crop Science. Wallingford: CAB International, 2002. P. 101–118.
7. Li J., Dadmohammadi Y., Abbaspourrad A. Flavor Components, Precursors, Formation Mecha-

nisms, Production and Characterization Methods: Garlic, Onion, and Chili Pepper Flavors. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2022. 62. P. 8265–8287.

8. Chromosome-level genome assembly of bunching onion illuminates genome evolution and flavor formation in *Allium* crops / N. Liao et al. *Nat Commun.* 2022. 13. 6690 p.

9. Turning Garlic into a Modern Crop: State of the Art and Perspectives / R. Parreño et al. *Plants.* 2023. 12. 1212 p. DOI: 10.3390/plants12061212.

10. Ruiz-Aceituno L., Lázaro A. Physicochemical and textural properties of a Spanish traditional garlic (*Allium sativum* L.) variety: characterizing the properties of “Fino de hinchón” garlic. *European Food Research and Technology.* 2021. 24. P. 2399–2408. DOI: 10.1007/s00217-021-03801-2.

11. Shemesh-Mayer E., Kamenetsky-Goldstein R. Traditional and novel approaches in garlic (*Allium sativum* L.) breeding. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*; Springer: Cham, Switzerland, 2021. Vol. 8. P. 3–49. DOI: 10.1007/978-3-030-66965-2_1.

12. Yakovenko K.I. Experimentation methods in vegetable and melon growing. Kharkiv: Osnova, 2001. 369 p.

13. Yarovyi H.I., Filimonova O.I., Romanov, O.V., Hordienko, I.M. Winter garlic performance in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine and molecular-genetic polymorphism of the studied varieties. *Roslynnytstvo ta Hruntознавство.* 2021. 12. P. 102–111. DOI: 10.31548/agr2021.01.102.

14. Баланс овочів і баштанних продовольчих культур. Державна служба статистики України. 2024. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

15. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2021 році / Н.В. Грюнвальд та ін. 2021. 531 с. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

16. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2022 році / Н.В. Грюнвальд та ін. 2022. 532 с. URL: <https://sops.gov.ua/>.

17. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2023 році. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin>.

18. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2024 році. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin>.

19. ДСТУ ISO 6663-2002. Часник. Зберігання в холоді (ISO 6663:1995, IDT). [Чинний від 2003-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 7 с.

20. Семенда О., Корман І. Аналіз ринку овочів України в умовах війни. Міжнародний науковий журнал менеджменту, економіки та фінансів. 3(1). С. 72–80. DOI: 10.46299/j.isjmef.20240301.07.

21. Сич З.Д. Методичні рекомендації по статистичній оцінці селекційного матеріалу ово-

чевих і баштанних культур. Харків: ІОБ УААН, 1993. 72 с.

22. Сич З.Д., Кубрак С.М. Оцінка сортів і місцевих форм часнику озимого за господарсько цінними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України. *Агробіологія. Біла Церква*, 2020. Вип. 1 (157). С. 169–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174.

23. Сич З.Д., Кубрак С.М., Шубенко Л.А. Проблеми вирощування овочів в Україні під час війни. Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах: матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2023. С. 178–181.

REFERENCES

1. Barboza, K., Salinas, M.C., Acuña, C.V., Bannoud, F., Beretta, V., García-Lampasona, S., Burba, J.L., Galmarini, C.R., Cavagnaro, P.F. (2020). Assessment of Genetic Diversity and Population Structure in a Garlic (*Allium sativum* L.) Germplasm Collection Varying in Bulb Content of Pyruvate, Phenolics, and Solids. *Sci. Hortic.* no. 261, 108900.

2. Buso, G., Paiva, M., Torres, A., Resende, F., Ferreira, M., Buso, J., Dusi, A. (2008). Genetic Diversity Studies of Brazilian Garlic Cultivars and Quality Control of Garlic-Clover Production. *Genet. Mol. Res.* no. 7, pp. 534–541.

3. Conci, V.C., Canavelli, A., Lunello, P., Di Rienzo, J., Nome, S.F., Zumelzu, G., Italia, R. (2003). Yield Losses Associated with Virus-Infected Garlic Plants during Five Successive Years. *Plant Dis.* no. 87, pp. 1411–1415.

4. Dinu, M., Soare, R., Babeanu, C., Botu, M. (2023). Evaluation of Productivity Components and Antioxidant Activity of Different Types of Garlic Depending on the Morphological Organs. *Horticulturae.* no. 9, 1039 p. DOI: 10.3390/horticulturae9091039.

5. Dixit, S., Singh, S., Shukla, I., Gupta, J. (2023). Genetic Parameters and Diversity Studies Among Morphological Traits in Breeding Lines of Garlic (*Allium Sativum* L.). *Bangladesh Journal of Botany.* no. 52, pp. 225–233. DOI: 10.3329/bjb.v52i2.66941.

6. Etoh, T., Simon, P. (2002). Diversity, fertility and seed production of garlic. *Recent Advances.* Wallingford, CAB International, pp. 101–118.

7. Li, J., Dadmohammadi, Y., Abbaspourrad, A. Flavor (2022). Components, Precursors, Formation Mechanisms, Production and Characterization Methods: Garlic, Onion, and Chili Pepper Flavors. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* no. 62, pp. 8265–8287.

8. Liao, N., Hu, Z., Miao, J. (2022). Chromosome-level genome assembly of bunching onion illuminates genome evolution and flavor formation in *Allium* crops. *Nat Commun.* no. 13, 6690 p.

9. Parreño, R., Rodríguez-Alcocer, E., Martínez-Guardiola, C., Carrasco, L., Castillo, P., Arbona, V., Jover-Gil, S., Candela, H. (2023). Turning Garlic into a Modern Crop: State of the Art and

Perspectives. Plants. no. 12, 1212 p. DOI: 10.3390/plants12061212.

10. Ruiz-Aceituno, L., Lázaro, A. (2021). Physi-cochemical and textural properties of a Spanish traditional garlic (*Allium sativum* L.) variety: characterizing di tincti e proprietie of “Fino de hinchón” garlic. European Food Research and Technology. no. 24, pp. 2399–2408. DOI: 10.1007/s00217-021-03801-2.

11. Shemesh-Mayer, E., Kamenetsky-Goldstein, R. (2021). Traditional and novel approaches in garlic (*Allium sativum* L.) breeding. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*; Springer: Cham, Switzerland, Vol. 8, pp. 3–49. DOI: 10.1007/978-3-030-66965-2_1.

12. Yakovenko, K.I. (2001). Experimentation methods in vegetable and melon growing. Kharkiv, Osnova, 369 p.

13. Yarovi, H.I., Filimonova, O.I., Romanov, O.V. Hordienko, I.M. (2021). Winter garlic performance in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine and molecular-genetic polymorphism of the studied varieties. *Roslynnystvo ta Hruntoznavstvo*. no. 12, pp. 102–111. DOI: 10.31548/agr2021.01.102.

14. Balans ovochiv i bashtannykh prodovol'chykh kultur. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [Balance of vegetables and melons and gourds. State Statistics Service of Ukraine]. 2024. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

15. Hriunvald, N.V. (2021). Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukraïni u 2021 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2021]. 531 p. Available at: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

16. Hriunvald, N.V. (2022). Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukraïni u 2022 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2022]. 532 p. Available at: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.

17. Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukraïni u 2023 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2023]. Ministerstvo ahraryoi polityky ta prodovol'stva Ukrainy [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. 2023. Available at: <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslin>.

18. Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukraïni u 2024 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2024]. Ministerstvo ahraryoi polityky ta prodovol'stva Ukrainy [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. 2024. Available at: <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslin>.

19. DSTU ISO 6663-2002. Chasnik. Zberigannya v holodi (ISO 6663:1995, IDT). Chinnij vid 2003-10-01 [DSTU ISO 6663-2002 Garlic. Cold storage (ISO 6663: 1995, IDT)]. Kyiv, Derzhspozhivstandart of Ukraine, 2003, 7 p.

20. Semenda, O., Korman, I. (2024). Analysis of the Ukrainian vegetable market in the conditions of war. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. no. 3(1), pp. 72–80. DOI: 10.46299/j.isjmef.20240301.07.

21. Sych, Z.D. (1993). Metodichni rekomendacii po statystychnij ocinci selekciynogo materialu ovochevyh i bashtannyh kul'tur [Guidelines for the statistical assessment of breeding material of vegetable and melons]. Kharkiv, IOB UAAN, 72 p.

22. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2020). Otsynuvannya sortiv i mistsevykh form tsinnymy oznakamy v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of varieties and local forms of winter garlic on economically valuable traits in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Agrobiologija [Agrobiology]*. no. 1, pp. 169–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174.

23. Sych, Z.D., Kubrak, S.M., Shubenko, L.A. (2023). Problemy vyroshchuvannya ovochiv v Ukraini pid chas viiny [Problems of growing vegetables in Ukraine during the war]. *Teoretychni i praktichni aspekty rozvytku haluzi ovochivnytstva v suchasnykh umovakh: zb. tez VI mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Theoretical and practical aspects of the development of the field of vegetable growing in modern conditions: materials of the VI international scientific and practical conference]. Vinnytsia, TVORY LLC, pp. 178–181.

Evaluation of winter garlic samples for economically valuable traits in arid conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Sych Z., Kubrak S.

The purpose of the research was to study and identify valuable varieties and local clones of winter garlic by the duration of the growing season, average bulb weight and number of cloves, yield and marketability in arid conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. As a result of the research, an early ripe sample of winter garlic 8, originating from Zaporizhzhia region with a growing season duration of 104 days was identified. The largest heads were formed in the local cultivars 8 (51 g) and 9 (61 g) from Zaporizhzhia region. The highest yield was obtained from the cultivation of sample 9 (Zaporizhzhia region) – 12.6 t/ha. It should be noted that Zaporizhzhia region is the centre of formation of clones of the intensive large garlic cloves and productive variety «Lyubasha» (breeder Zakharenko I.I.). In the control variety «Iren», which originated from clones in Donetsk region, this figure was 11.0 t/ha. The lowest heads yield was observed in the local cultivar of winter garlic 13 (Cherkasy region) – 6.6 t/ha. The best adapted to the environmental factors of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine were the samples imported from Kyiv region – 1 and 3. Their Levis stability coefficient was 1.2. The worst results for this indicator were observed in local cultivar 6, 10 and 14 from Dnipro, Chernihiv and Cherkasy regions, where it was 1.5, 1.6 and 1.6, respectively. So, as a result of research in 2022–2024 local forms of winter garlic with the shortest growing season, the largest head mass and the smallest number of

cloves, the highest crop yield in arid conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine have been distinguished. The fastest ripening (104 days) was variant 8, originating from Zaporizhzhia region. The best results on average head mass (61 g) and yield (12.6 t/ha) were obtained from the cultivation of sample 9 from Zaporizhzhia region. The share of marketable heads was 74 %. The least of cloves in

the head (5 pieces) were in local cultivar 2 (Kyiv region), 4 (Kirovograd region), 11 (Chernihiv region) and 14 (Cherkasy region). This indicator was highest in the heads of variants 10 from Chernihiv and 12 from Zhytomyr region – 10 and 8 cloves, respectively.

Key words: winter garlic, varieties, local forms, weather conditions, yield, head mass.



Copyright: Сич З.Д., Кубрак С.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:

Сич З.Д.

Кубрак С.М.

<https://orcid.org/0000-0002-2780-2869>

<https://orcid.org/0000-0002-3836-5940>



АГРОНОМІЯ

УДК 582.661.21:332.816.1](292.485)(1-15)

Економічна ефективність вирощування сортів амаранту в умовах Лісостепу Західного УкраїниТирус М.Л. *Львівський національний університет природокористування*

Тирус М.Л. E-mail: tyrusmaria0408@gmail.com



Тирус М.Л. Економічна ефективність вирощування сортів амаранту в умовах Лісостепу Західного України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 181–187.

Tyrus M. Economic efficiency of growing amaranth varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiologia», 2025. no. 1, pp. 181–187.

Рукопис отримано: 07.03.2025 р.

Прийнято: 24.03.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-181-187

Амарант – цінна нова культура, посівні площі якої в Україні розширюються. Необхідно зазначити, що технологія вирощування цієї культури недостатньо вивчена. Уточнення потребують майже усі елементи технології з врахуванням певних ґрунтово-кліматичних умов. Дослідження проводили на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного аграрного університету в зоні Лісостепу Західного. Метою досліджень було встановити рівень врожайності зерна та економічну ефективність вирощування семи сортів амаранту в умовах достатнього зволоження: Сем, Лера, Харківський 1, Студентський, Ацтек, Ультра, Полішук. Досліджено, що найвищу врожайність у середньому за три роки формували сорти Харківський 1 – 4,03 т/га, що вище ніж у сорту Ультра на 2,06 т/га. У сорту Лера врожайність становила 3,28 т/га. Сорт Сем за врожайності 2,74 т/га перевищив сорт Ультра на 0,77 т/га. У сорту Студентський врожайність становила 2,45 т/га. Серед сортів амаранту найменшу врожайність зерна одержали у сорту Ультра – 1,97 т/га. Низька врожайність була також у сорту Ацтек – 2,19 т/га, що вище ніж у сорту Ультра на 0,22 т/га. Майже на такому ж рівні сформувалась врожайність зерна у сорту Полішук – 2,21 т/га, або більше від сорту Ультра на 0,24 т/га. За ціни 25000 грн вартість продукції у наших дослідженнях для сорту Ультра становила 49250 грн, а в найврожайнішого сорту Харківський 1 зросла до 100750 грн. Виробничі затрати на 1 га становили 44445 грн. Собівартість 1 т зерна виявилась найвищою у сорту Ультра – 22561 грн і найменшою у сорту Харківський 1 – 11028 грн. Чистий прибуток був найвищим у сорту Харківський 1 і становив 56305 грн, а найменшим у сорту Ультра – 4805 грн. У сорту Студентський цей показник був на рівні 16814 грн, у сорту Лера – 37555 грн, Ацтек – 10305 грн, Сем – 24055 грн, Полішук – 10805 грн. Рівень рентабельності коливався від 11 до 127 %.

Ключові слова: сорт, амарант, врожайність, економічна ефективність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Амарант – цінна нова культура, посівні площі якої в Україні розширюються. Необхідно зазначити, що технологія вирощування цієї культури недостатньо вивчена. Уточнення потребують майже усі елементи технології з врахуванням певних ґрунтово-кліматичних умов.

Зерновий амарант є псевдозлаком, оскільки має подібні характеристики з зерном

злакових культур, але не належить до родини злакових [1–3]. Псевдозернові культури стають актуальною тенденцією в раціоні людини як безглютенові (*GF*) зерна з чудовою поживною та харчовою цінністю. Псевдозлаки є хорошим джерелом крохмалю, клітковини, білків, мінералів, вітамінів і фітохімічних речовин, таких як сапоніни, поліфеноли, фітостерини, фітостероїди та беталаїни, що мають потенційну користь для здоров'я [4–6].

Оптимізація елементів технології вирощування сортів амаранту має супроводжуватись оцінкою економічної доцільності застосування пропонуваного удосконалення технології вирощування.

Амарант є перспективною сировиною для виробництва харчових продуктів з лікувальними та профілактичними властивостями. Згідно зі стандартом, зерно амаранту, призначене для продовольчих або фармакологічних потреб, належить до I типу, кормове і технічне зерно – до II типу. Водночас кормове зерно не ділиться на класи відповідно до стандарту [7–9].

Посівні площі амаранту в Україні постійно зростають. Якщо в 2018 р. площа становила 800 га, у 2021 р. зросла до 3500 га, то в 2025 р. очікується, що вирощуватимуть амарант на площі 10000 га. Врожайність зерна амаранту в різних ґрунтово-кліматичних умовах України коливається в значних межах і може досягати 5,0 т/га [10]. Досягнення високої врожайності амаранту, як і будь-якої іншої культури, може забезпечувати значні економічні показники [11–12]. Стверджується також, що це високорентабельна сільськогосподарська культура, відмінний попередник у сівозмінах [13]. Амарант має значний економічний потенціал, обумовлений високою ціною реалізації, яка в 2024 році становила 30000 грн за 1 т. Встановлено, що найбільшу практичну цінність за вирощування на зерно в східній частині Лівобережного Лісостепу України мають сорти: Лера, Сем і Харківський 1 [14]. За іншими даними, найбільш поширені сорти у виробництві: Харківський 1, Лера, Ультра, Сем, Студентський, Геліос [15–16].

За врожайності зерна амаранту (1,77 т/га) одержали найнижчі показники його собівартості (7773 грн/т), найвищий прибуток на одиницю площі (39341 грн/га) та рівень рентабельності зерновиробництва 285,9 % за енергетичного коефіцієнта 2,95 [17]. Економічно врожай амаранту на зелений корм перевершує кукурудзу за врожайністю у 2,62 рази, за врожайністю кормових одиниць – у 2,72 рази, за чистим доходом – у 3,65 рази та рентабельністю – у 2,85 рази [18].

Перегляд концептуального підходу до розробки нових та удосконалення наявних технологій вирощування амаранту дозволить створити передумови для досягнення стабільного, біокліматичного потенціалу, енергетичних та економічно обґрунтованих врожаїв амаранту в умовах розширеного відновлення родючості ґрунтів та екологічної безпеки, а також вирощуваної продукції [19–20].

Селекцією можна значно поліпшити якість зерна амаранту та підвищити його врожайність. Велику цінність мають нові сорти, які в певних ґрунтово-кліматичних умовах переважають за врожайністю вирощувані тут сорти, враховуючи що витрати на виробництво насіння амаранту мінімальні. Використання адаптованих до умов вирощування сортів амаранту є важливим щодо забезпечення високих показників економічної ефективності цієї перспективної культури.

Мета дослідження. Встановити рівень врожайності зерна та економічну ефективність вирощування сортів амаранту в умовах достатнього зволоження Лісостепу Західного України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування в зоні Лісостепу Західного. Площа дослідної ділянки становила 30 м² (облікова – 20 м²) із триразовим повторенням. Амарант вирощували після пшениці озимої, після якої поле дискували та проводили зяблеву оранку. Внесли добрива N₁₂₀P₈₀K₁₂₀, де фосфорні й калійні застосували під оранку восени, а азотні – навесні під передпосівний обробіток. Сівбу проводили в третій декаді квітня сівалкою Хорш Пронто 4 ДС широкорядним способом з міжряддями 45 см на глибину 1 см із нормою висіву 0,8 кг/га. Для контролю бур'янів використовували міжрядні обробітки та гербіцид Фюзилад Форте (1,0 л/га). Збирання проводили у фазу повної стиглості насіння в нижній і середній частинах волоті з подальшим обмолочуванням після підсихання.

Економічну ефективність вирощування сортів амаранту визначали за методикою оцінки ефективності наукових досліджень, розраховуючи витрати за цінами станом на 1.01.2025 р. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програм Microsoft Excel і «Statistica 13».

Україна має багату селекційну історію в розробці сортів амаранту.

Сорт Сем виведений через селекційний процес індивідуального відбору з матеріалу *A. hypochondriacus*. Офіційна реєстрація у державному реєстрі України відбулася 2002 року. Морфологічні особливості: невисока рослина (до 128 см) з повністю червоним забарвленням стебла і листового апарату. Контрастне біле насіння. Суцвіття представлене розлогою червоною волоттю довжиною близько 47 см. Демонструє середню посухостійкість (7 балів за 10-бальною шкалою),

відмінну стійкість до осипання і вилягання (9 балів). Середньостиглий, з вегетаційним періодом 110 діб. Насіння характеризується вмістом білка 19,5 % та олії 6,7 %. Продуктивність сягає 25 ц/га зерна. Особливу цінність має олія сорту, для якої доведено протизапальні властивості та захисний ефект від розвитку експериментальної інсулінорезистентності.

Сорт Лера – походження сорту пов'язане з індивідуальним відбором зі зразка *A. hypochondriacus* (K-14), реєстрація у 2002 році. Це високорослі рослини (170–220 см) із зеленим стеблом та листям, яке має характерні червоні прожилки. Компактна червона волоть сягає 54 см у довжину. Насіння біле, з масою 1000 зерен 0,7 г. Характеризується максимальною стійкістю до вилягання (9 балів) та високою стійкістю до осипання (8 балів). Сорт належить до середньостиглих із періодом вегетації 105 діб. Насіння містить підвищену кількість білка (20,6 %) та 7,0 % олії. Врожайність насіння сягає 22 ц/га. Зерно активно використовують у виробництві борошна та олії.

Сорт Харківський 1 створений методом індивідуального відбору з популяції *A. hypochondriacus* (K-7). Внесений до Реєстру сортів рослин України у 2001 році з призначенням як лікарський. Рослини середньої висоти (понад 160 см) з повністю зеленим забарвленням вегетативних органів. Суцвіття представлене компактною білою волоттю довжиною до 60 см. Насіння біле, маса 1000 насінин становить 0,65 г. Олійність насіння сягає 8 %, зокрема олія відрізняється високим вмістом сквалену (до 10 %). Вегетаційний період становить 110 діб. Особливу цінність мають лікувальні властивості олії, що підтверджені дослідженнями Інституту проблем ендокринної патології ім. В.Я. Данилевського. Олія перспективна для клінічного застосування за профілактики та лікування цукрового діабету другого типу і виразкової хвороби шлунка. Характеризується високою врожайністю – до 60 ц/га зерна. Зерно використовують для отримання олії, борошна та шроту.

Сорт Студентський розроблений методом індивідуального відбору зі зразка *A. hypochondriacus* (K-1267) та зареєстрований у 2009 році. Рослини компактні, висотою понад 160 см з рудим стеблом та зеленим листям з рудими прожилками. Руда компактна волоть сягає 40 см. Насіння біле, відносно крупне – маса 1000 насінин становить 0,8 г. Характеризується максимальними показниками

стійкості до вилягання та осипання (9 балів). Сорт середньостиглий з періодом вегетації 100–125 діб. Олійність варіює від 6 до 10 %, а вміст цінного сквалену в олії становить 6–8 %. Білковість насіння – 18,6 %. Сорт забезпечує врожайність насіння до 30 ц/га.

Сорт Ацтек зареєстрований у 1998 році, розроблений Інститутом кормів НААН України. За призначенням – зерновий та кормовий сорт, середньої стиглості (вегетаційний період 120 діб). Рослини висотою до 150 см, мають червоне стебло і червоно-зелене листя. Волоть червона, довжиною 45–50 см, з світло-коричневим насінням. Характеризується високим потенціалом урожайності як зерна, так і зеленої маси. Насіння містить 17,8 % сирого протеїну в сухій речовині. Зерно використовують для виготовлення олії та борошна, яке застосовують в хлібопекарській промисловості. Сорт адаптований до механізованого збирання.

Сорт Ультра зареєстрований у 1998 році, належить до виду *A. hybridus*. Морфологічні особливості: високорослі рослини (до 120 см) з характерним зеленим неопушеним листям. Суцвіття має форму напіввстиглої компактної волоті світло-зеленого кольору, яка за дозрівання набуває жовтого забарвлення. Насіння світло-жовте. Ранньостиглий сорт (90–95 діб вегетації) з високою стійкістю до осипання. Урожайність насіння сягає 14 ц/га. Вміст олії у насінні відносно невисокий (до 5 %), проте олія містить винятково високий відсоток сквалену (11,25 %) та токоферолів (0,28 %), що підвищує її біологічну цінність.

Сорт Поліщук зареєстрований у 1999 році Інститутом сільського господарства Полісся, середньостиглий сорт. Рослини висотою до 150 см з червоним стеблом та зеленим листям з червоними прожилками. Волоть червона, довжиною 45–50 см, з темно-коричневим насінням. Врожайність зерна сягає 3 т/га. Сорт вирізняється контрастним поєднанням низької стійкості до осипання та високої посухостійкості, що визначає специфіку технології його вирощування.

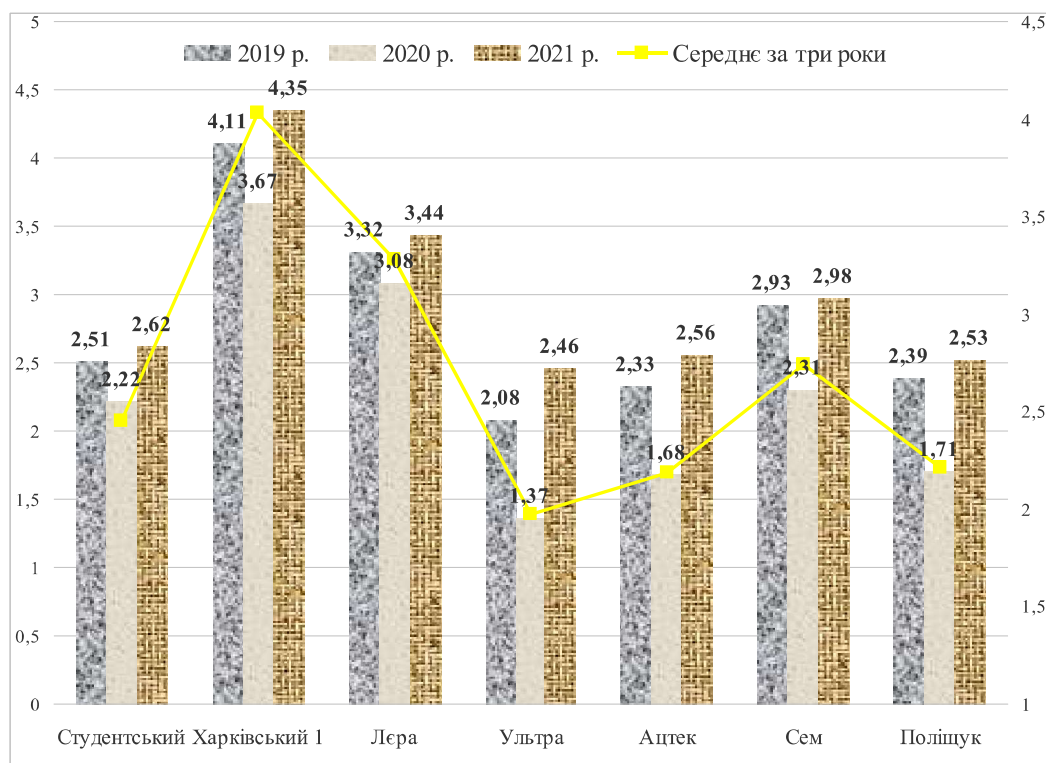
За стандарт використовували сорт Ультра, селекції Харківського НАУ.

Результати дослідження та обговорення. Установлено, що найвищу врожайність у середньому за три роки формували сорти Харківський 1 – 4,03 т/га, що вище ніж у сорту Ультра на 2,06 т/га (104,6 %) (рис. 1).

У сорту Лера врожайність становила 3,28 т/га, що менше порівняно з сортом Харківський 1 на 0,75 т/га. Серед сортів амаранту найменшу врожайність зерна одержали у

сорту Ультра – 1,97 т/га. Низька врожайність була також у сорту Ацтек – 2,19 т/га, що вище ніж у сорту Ультра на 0,22 т/га (11,2 %). Майже на такому ж рівні сформувалась врожайність зерна у сорту Поліщук – 2,21 т/га, або більше від сорту Ультра на 0,24 т/га (12,2 %). У сорту Студентський врожайність становила 2,45 т/га, тобто вище від сорту Ультра на 0,48 т/га (24,4 %). Сорт Сем за врожайності 2,74 т/га перевищив сорт Ультра на 0,77 т/га (39,1 %).

Виробничі затрати на 1 га становили 44445 грн. У структурі затрат на технологію вирощування найбільший відсоток займали мінеральні добрива, витрати на паливне і засоби захисту рослин. Необхідно зазначити, що навіть за таких високих витрат на 1 га з врахуванням орендної плати за землю, всі сорти забезпечили одержання прибутку. Собівартість 1 т зерна виявилась найвищою у сорту Ультра – 22561 грн і найменшою у сорту Харківський 1 – 11028 грн. Економічна ефективність



НІР₀₅ 2019 р. – 0,15 т/га; 2020 р. – 0,16 т/га; 2021 р. – 0,19 т/га

Рис. 1. Врожайність зерна амаранту залежно від сорту.

Економічну ефективність встановлювали за такими загальноприйнятими показниками: вартість вирощеної на 1 га продукції, затрати на 1 га, собівартість 1 т зерна, чистий прибуток з 1 га та рівень рентабельності. Вартість продукції з 1 га визначала з врахуванням цін у 2024–2025 рр. за 1 т зерна амаранту. Закупівельна ціна насіння амаранту становила 25–30 тис грн. Аналіз показує, що вартість продукції з 1 га залежить від рівня врожайності сорту та ціни за 1 т зерна. За ціни 25000 грн вартість продукції у дослідженнях для сорту Ультра становила 49250 грн, а в найврожайнішого сорту Харківський 1 зросла до 100750 грн (табл. 1).

вирощування сорту Харківський 1 також виявилася найвищою, забезпечивши чистий прибуток у розмірі 56305 грн. Значно нижчі результати економічної ефективності показав сорт Лера, із чистим прибутком 37555 грн, і сорт Сем із прибутком 24055 грн. Сорт Студентський забезпечив прибуток на рівні 16814 грн, тоді як сорти Ацтек і Поліщук продемонстрували майже однакові результати з прибутком 10305 та 10805 грн відповідно. Найменшу економічну ефективність виявив сорт Ультра, який забезпечив лише 4805 грн чистого прибутку. Загальна рентабельність вирощування досліджуваних сортів характеризувалася значним діапазоном коливань – від 11 до 127 %.

Таблиця 1 – Показники економічної ефективності вирощування сортів амаранту

Сорт	Урожайність, т/га	Вартість продукції 1 га, грн	Виробничі затрати на 1 га*, грн	Собівартість 1 т зерна, грн	Чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
Студентський	2,45	61259	44445	18141	16814	39
Харківський 1	4,03	100750	44445	11028	56305	127
Лера	3,28	82000	44445	13550	37555	85
Ультра (стандарт)	1,97	49250	44445	22561	4805	11
Ацтек	2,19	54750	44445	20295	10305	23
Сем	2,74	68500	44445	16221	24055	54
Поліщук	2,21	55250	44445	20111	10805	24

Висновки. Установлено, що найвищу врожайність у середньому за три роки в умовах достатнього зволоження Лісостепу Західного формував сорт Харківський 1 – 4,03 т/га. Чистий прибуток був найвищим у сорту Харківський 1 і становив 56305 грн, а най-

меншим у сорту Ультра – 4805 грн. У сорту Студентський цей показник був на рівні 16814 грн, у сорту Лера – 37555 грн, Ацтек – 10305 грн, Сем – 24055 грн, Поліщук – 10805 грн. Рівень рентабельності коливався від 11 до 127 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ruth O.N., Unathi K., Nomali N., Chinsamy M. Underutilization versus nutritional-nutraceutical potential of the *Amaranthus* food plant: A Mini-Review. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11(15). 6879. DOI: 10.3390/app11156879.
2. Мороз П. Амарант – рослина від ацтеків на українських полях. *Агропрофі*. 2019. № 6. 8 с.
3. Weerasekara A.C., Waisundara V.Y. *Amaranth as a Pseudocereal in Modern Times: Nutrients, Taxonomy, Morphology and Cultivation*. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.90927
4. Martínez-Villaluenga C., Peñas B., Hernández-Ledesma. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*. 2020. Vol. 137. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111178.
5. Yield and qualitative characterisation of seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. and *Amaranthus cruentus* L. grown in central Italy / A.N.G. El Gendy et al. *Ital. J. Agron*. 2018. Vol. 13. P. 63–73. DOI: 10.4081/ija.2017.993.
6. The importance and use of *Amaranthus* for crop diversification in the SADC region / M.H. Netshimbupfe et al. *South African Journal of Botany*. 2023. Vol. 152. P. 192–202. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.11.039.
7. *Amaranth: problems and perspectives of processing* / S. Sots et al. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2024. Vol. 24. Issue 2 (94). P. 4–9. DOI: 10.15673/gpmf.v2024i2.2815.
8. Янюк Т., Грюнвальд Н. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 18. С. 179–192. DOI: 10.31073/foodresources2022-18-18.
9. Кононенко Л.М. Формування продуктивності амаранту залежно від строків сівби у Правобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10. № 2. DOI: 10.47414/na.10.2.2022.270470.
10. Tyrus M., Lykhochvor V. Yield of *Amaranthus* (*Amaranthus*) depending on the cultivar in the conditions of Ukrainian Western Forest-Steppe. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24(10). P. 43–51. DOI: 10.48077/scihor.24(10).2021.43-51.
11. Безугла Л.С. Економічний аспект територіального виробництва амаранту, коноплі та сорго в Україні. *Економіка та суспільство*. 2021. Вип. 25. DOI: 10.32782/2524-0072/2021-25-79.
12. Дудка М.І. Агротехнічна і економічна ефективність вирощування амаранту вололистого (*Amaranthus paniculatus* L.) на зелений корм в північному Степу України. *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 2. С. 293–304. DOI: 10.31867/2523-4544/0089.
13. Цибульська С. Як знайти свою нішу, або на чому може заробити український фермер. *Пропозиція*. 2019. № 6. С. 30–33.
14. Гопцій Т.І., Лиманська С.В., Гудим О.В. Перспективи вирощування амаранту як нішевої культури у східній частині лівобережного Лісостепу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 2. С. 11–17. DOI: 10.32782/2310-0478-2022-2-11-1711.
15. Дуда О., Капштик М. Ключові елементи вирощування амаранту. *Пропозиція*. 2021. URL: <https://propozitsiya.com/ua/klyuchovi-elementy-tehnologiyi-vyroshchuvannya-amarantu>
16. Ланиця І.Ф. Дослідження високобілкової рослинної сировини – амаранту в контексті товарознавчих властивостей посічених напівфабрикатів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки*. 2020. № 24. С. 75–79.
17. Дудка М.І. Агротехнологічні основи підвищення продуктивності однорічних кормових культур в північному Степу України: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09. Дніпро, 2020. 480 с.

18. Economic efficiency of growing amaranth in Dagestan. Sustainable and innovative development in the digital AGE IOP / R.G. Magomedmirzoeva et al. Conf. Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 650. 012059. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012059.

19. Valentiuk N.O., Yurkevych Ye.O., Kohut I.M. Elements of amaranth cultivation technology and post-harvest processing of amaranth grain. Таврійський науковий вісник. 2021. № 122. С. 167–173. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.24.

20. Nasirpour-Tabrizi P., Azadmard-Damirchi S., Hesari J., Piravi-Vanak Z. Amaranth Seed Oil Composition Nutritional Value of Amaranth. Intech Open. London, UK, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91381.

REFERENCES

1. Ruth, O.N., Unathi, K., Nomali, N., Chinsamy, M. (2021). Underutilization versus nutritional-nutritional potential of the *Amaranthus* food plant: A Mini-Review. Applied Sciences. Vol. 11(15), 6879. DOI: 10.3390/app11156879

2. Moroz, P. (2019). Amaranth – roslyna vid atstekiv na ukraïnskykh poliakh [Amaranth – a plant from the Aztecs in Ukrainian fields]. Agroprom [Agroprof]. no. 6, 8 p.

3. Weerasekara, A.C., Waisundara, V.Y. (2020). Amaranth as a Pseudocereal in Modern Times: Nutrients, Taxonomy, Morphology and Cultivation. DOI: 10.5772/intechopen.90927.

4. Martínez-Villaluenga, C., Peñas, B., Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. Food and Chemical Toxicology. Vol. 137. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111178.

5. El Gendy, A.N.G., Tavarini, S., Conte, G., Pistelli, L., Hendawy, S.F., Omer, E.A., Angelini, L.G. (2018). Yield and qualitative characterisation of seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. and *Amaranthus cruentus* L. grown in central Italy. Ital. J. Agron. Vol. 13, pp. 63–73. DOI: 10.4081/ija.2017.993.

6. Netshimbupfe, M.H., Bernera, J., Der Kooya, F.V., Oladimejia, O., Gouwisa, C. (2023). The importance and use of *Amaranthus* for crop diversification in the SADC region. South African Journal of Botany. Vol. 152, pp. 192–202. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.11.039.

7. Sots, S. (2024). Amaranth: problems and perspectives of processing. Grain Products and Mixed Fodder's. Vol. 24, Issue 2 (94), pp. 4–9. DOI: 10.15673/gpmf.v2024i2.2815.

8. Yaniuk, T., Hriunvald, N. (2022). Vyrobnystvo amarantu v Ukraini: stan i perspektyvy [Amaranth production in Ukraine: state and prospects]. Prodovolchi resursy [Food Resources]. Vol. 10, Issue 18, pp. 179–192. DOI: 10.31073/foodresources2022-18-18.

9. Kononenko, L.M. (2022). Formuvannya produktyvnosti amarantu zalezhno vid strokiv sivyby u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Formation of amaranth productivity depending on sowing dates

in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Novitni ahrotekhnologii [Innovative Agrotechnologies]. Vol. 10, no. 2. DOI: 10.47414/na.10.2.2022.270470.

10. Tyrus, M., Lykhochvor, V. (2021). Yield of Amaranth (*Amaranthus*) depending on the cultivar in the conditions of Ukrainian Western Forest-Steppe. Scientific Horizons. Vol. 24(10), pp. 43–51. DOI: 10.48077/scihor.24(10).2021.43-51.

11. Bezuhla, L.S. (2021). Ekonomichnyi aspekt terytorialnoho vyrobnystva amarantu, konopli ta sorho v Ukraini [Economic aspect of territorial production of amaranth, hemp, and sorghum in Ukraine]. Ekonomika ta suspilstvo [Economy and Society]. Vol. 25. DOI: 10.32782/2524-0072/2021-25-79.

12. Dudka, M.I. (2019). Aghrotekhnichna i ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya amarantu volotystoho (*Amaranthus paniculatus* L.) na zelenyi korm v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Agrotechnical and economic efficiency of growing amaranth (*Amaranthus paniculatus* L.) for green fodder in the northern Steppe of Ukraine]. Zernovi kultury [Grain Crops]. Vol. 3, no. 2, pp. 293–304. DOI: 10.31867/2523-4544/0089.

13. Tsybulska, S. (2019). Yak znajty svoju nishu, abo na chomu mozhe zarobyt ukrainskyi fermer [How to find your niche, or what a Ukrainian farmer can earn on]. Propozytsiia [Proposition]. no. 6, pp. 30–33.

14. Gopstii, T.I., Lymanska, S.V., Hudym, O.V. (2022). Perspektyvy vyroshchuvannya amarantu yak nishovoi kultury u skhidni chastyini Livoberezhnoho Lisostepu [Prospects for growing amaranth as a niche crop in the eastern part of the Left-Bank Forest-Steppe]. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Bulletin of Uman National University of Horticulture]. no. 2, pp. 11–17. DOI: 10.32782/2310-0478-2022-2-11-1711.

15. Duda, O., Kapshchyk, M. (2021). Kliuchovi elementy vyroshchuvannya amarantu [Key elements of amaranth cultivation]. Propozytsiia [Proposition]. Available at: <https://propozytsiya.com.ua/klyuchovi-elementy-tehnologiyi-vyroshchuvannya-amarantu>

16. Lanytsia, I.F. (2020). Doslidzhennia vysokobilkovoi roslynnoi syrovyny – amarantu v konteksti tovaroznavchychk vlastyvostei posichenykh napivfabrykativ [Study of high-protein plant raw materials – amaranth in the context of commodity properties of chopped semi-finished products]. Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky [Bulletin of Lviv Trade and Economic University. Technical Sciences]. no. 24, pp. 75–79.

17. Dudka, M.I. (2020). Aghrotekhnolohichni osnovy pidvyschennia produktyvnosti odnorichnykh kormovykh kultur v pivnichnomu Stepu Ukrainy: dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.09 [Agrotechnological foundations for increasing the productivity of annual forage crops in the northern Steppe of Ukraine: diss. Dr of agricultural sciences]. Dnipro, 480 p.

18. Magomedmirzoeva, R.G., Dogeev, G.D., Pivovarov, V.F., Gins, V.K., Gins, M.S. (2021). Economic efficiency of growing amaranth in Dagestan. Sustainable and Innovative Development in

the Digital Age IOP. Conf. Earth and Environmental Science. Vol. 650, 012059. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012059.

19. Valentiuk, N.O., Yurkevych, Ye.O., Kohut, I.M. (2021). Elements of amaranth cultivation technology and post-harvest processing of amaranth grain. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk [Tavriiskiyi Scientific Bulletin]*. no. 122, pp. 167–173. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.24.

20. Nasirpour-Tabrizi, P., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, J., Piravi-Vanak, Z. (2020). Amaranth Seed Oil Composition Nutritional Value of Amaranth. *Intech Open*. London, UK. DOI: 10.5772/intechopen.91381.

Economic efficiency of growing amaranth varieties in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

Tyrus M.

Amaranth is a valuable new crop, the sown area of which in Ukraine is expanding. It should be noted that the technology of growing this crop is not sufficiently studied. Almost all elements of the technology need to be clarified, taking into account certain soil and climatic conditions. The research was conducted at the experimental field of the Department of Plant Technology of the Lviv National Agrarian University in the Western Forest-Steppe zone. The aim of the research was to establish the level of grain yield and economic efficiency of growing seven amaranth varieties in conditions of sufficient moisture: «Sem», «Lera», «Kharkivskyi

1», «Studentskyi», «Aztec», «Ultra», «Polishchuk». It was studied that the highest yield on average over three years was formed by the «Kharkivskyi 1» variety – 4.03 t/ha, which is higher than the «Ultra» variety by 2.06 t/ha. The «Lera» variety had a yield of 3.28 t/ha. The «Sem» variety with a yield of 2.74 t/ha exceeded the «Ultra» variety by 0.77 t/ha. The «Studentskyi» variety had a yield of 2.45 t/ha. Among amaranth varieties, the lowest grain yield was obtained in the «Ultra» variety – 1.97 t/ha. The «Aztec» variety also had a low yield – 2.19 t/ha, which is higher than the «Ultra» variety by 0.22 t/ha. The grain yield of the «Polishchuk» variety was formed at almost the same level – 2.21 t/ha, or more than the «Ultra» variety by 0.24 t/ha.

At a price of 25,000 UAH production cost in our studies for the «Ultra» variety was 49,250 UAH, and for the most productive variety «Kharkivskyi 1» it increased to 100,750 UAH. Production costs per 1 ha were 44,445 UAH. The cost price of 1 t of grain was the highest in the «Ultra» variety – 22,561 UAH and the lowest – in the «Kharkivskyi 1» variety – 11,028 UAH. The net profit was the highest in the «Kharkivskyi 1» variety and amounted to 56,305 UAH, and the lowest in the «Ultra» variety – 4,805 UAH. In the «Studentskyi» variety this indicator was at the level of 16,814 UAH, in the «Lera» variety – 37,555 UAH, «Aztec» – 10,305 UAH, «Sem» – 24,055 UAH, «Polishchuk» – 10,805 UAH. The level of profitability ranged from 11 % to 127 %.

Key words: variety, amaranth, yield, economic efficiency.



Copyright: Тирусь М.Л. © 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:

Тирусь М.Л.

<https://orcid.org/0000-0002-9882-9540>



АГРОНОМІЯ

УДК 631.461.5:631.53.02:633.34

Вплив передпосівної обробки насіння сої біопрепаратами на вміст фотосинтетичних пігментів і врожайність за умов нестійкого зволоження й органічного землеробства**Чайка 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. 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.

Chaika T., Korotkova I. 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. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 188–198.

Рукопис отримано: 20.02.2025 р.

Прийнято: 07.03.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-188-198

Світове виробництво сої постійно зростає, оскільки вона є однією з найбільш затребуваних культур на світовому продовольчому ринку. Водночас, кліматичні зміни, що проявляються через підвищення температури та дефіцит опадів у період вегетації культури, мають істотний вплив на її врожайність. Це зумовлює необхідність запровадження нових технологічних рішень, що забезпечать раціональність використання виробничих ресурсів і безпечність кінцевої продукції. Одним із таких перспективних методів є передпосівна обробка насіння сої біопрепаратами, які сприяють підвищенню стійкості рослин до стресових чинників, обумовлюють отримання потенційної врожайності за високої якості.

Метою роботи є визначення впливу передпосівної інокуляції й обробки фітогормональним препаратом насіння сої у системі органічного землеробства на вміст фотосинтетичних пігментів і врожайність у критичних кліматичних умовах.

У польових дослідях, проведених у 2022–2024 рр. в умовах Полтавської області, було досліджено вплив передпосівної обробки насіння сої сорту Хорол інокулянтном Legume Fix і фітогормональним препаратом Віолар на площу листової поверхні, вміст фотосинтетичних пігментів і врожайність за різних погодних умов з використанням системи органічного землеробства.

Результати показали, що передпосівна обробка насіння сої сприяла збільшенню площі листової поверхні в середньому на 13,4 % за використання Legume Fix та на 19,3 % у разі застосування Віолар. Встановлено, що обробка Віолар привела до зростання концентрації Chl *a*, Chl *b* і Chl (*a+b*) порівняно з контролем в середньому на 18,9; 13,3 і 17,2 % відповідно, тимчасом інокуляція Legume Fix підвищувала ці показники в середньому на 7,4; 3,4 і 6,2 %.

Також визначено, що передпосівна обробка насіння сої Legume Fix і Віолар забезпечила підвищення врожайності порівняно з контрольними рослинами в середньому на 13,2 і 20,6 % відповідно. Розраховано сильний прямиий зв'язок між площею листової поверхні, вмістом Chl (*a+b*) та рівнем врожайності на всіх варіантах досліджень відповідно – контролю (0,990; 0,986), Legume Fix (0,996; 0,983) та Віолар (0,986; 0,988).

Ключові слова: *Glycine max* L. Merr., органічне землеробство, інокуляція, площа листової поверхні, фотосинтетичні пігменти, погодні умови.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Соя (*Glycine max* L. Merr.) є бобовою культурою, що користується великим попитом на світовому ринку, завдяки чому вона посідає шосту позицію серед найбільш поширених культур за обсягами виробництва та четверту – за економічною цінністю і площею виробництва [1]. Сою застосовують як у харчовій промисловості, так і для виготовлення промислових товарів, виробництва кормів для тварин і навіть біодизелю [2].

Розмір ринку сої в 2024 р. оцінювали на рівні 198,1 млрд дол. й очікується, що до 2029 р. він досягне 277,9 млрд дол., що обумовлено середньорічним сукупним темпом зростання в 7,2 % [3]. Обсяг світового виробництва сої в сезоні 2024/25 оцінюють рекордним показником у 421 млн т, перевищивши на 7,0 % результат попереднього сезону (395 млн т). Це зростання супроводжується збільшенням світового споживання сої на 5 % через попит у секторах кормів, продуктів харчування та промисловості, причому очікується, що споживання досягне 405 млн т [4].

В Україні у 2024 р. за аномальної спеки та посухи обсяги виробництва сої досягли рекордних 6,0 млн т або на 15,4 % більше відносно 2023 р. завдяки збільшенню посівних площ на 10–15 %. Виробництво сої в ЄС зросло лише на 0,3 % порівняно з попереднім роком через негативний вплив погодних умов у країнах Центральної Європи [5]. Отже, ключовим чинником розвитку виробництва сої в Європі у поточному сезоні була Україна, яка входить до десяти найбільших світових виробників сої [6].

За даними [7], у Європі триваюча зміна клімату та висока потреба у внутрішніх ринках генетично немодифікованої сої обумовлюють необхідність впровадження сої у типові системи органічного землеробства. Враховуючи дослідження [8], ринок ЄС є найбільшим ринком збуту вітчизняної сої (47 % від загального експорту), тому вітчизняні виробники прагнуть дотримуватись Європейського зеленого курсу, одним з важливих напрямів якого є впровадження органічного виробництва. У 2022 році світовий ринок органічної сої оцінювали в 1,5 млрд дол. За прогнозами, його обсяг зросте з 1,688 млрд дол. у 2024 р. до 3,433 млрд дол. у 2030 р., що відповідає середньорічному темпу зростання у 12,6 % упродовж прогнозованого періоду (2024–2030 роки). Європейський ринок органічної сої посідає друге місце за обсягом серед світових регіональних ринків. Зокрема, ринок органічної сої Великої Британії займає

провідну частку серед європейських країн, тимчасом Німеччина демонструє найвищі темпи зростання у цьому регіоні [9].

За даними досліджень [10], рентабельність органічної сої в Україні є високою попри наявність кліматичного ризику, особливо нерівномірного впливу опадів і високих температур, що потребує впровадження технологічних інновацій щодо підвищення її врожайності. Однак важко отримати високі врожаї й якісне насіння сої, попри належні властивості ґрунту, навіть в умовах органічного землеробства [11], через нестачу води та переважаючу високу температуру.

Враховуючи дослідження [12], незважаючи на свою адаптивність, соя також зазнає впливу мінливості клімату, зокрема це непередбачуваний режим опадів, який загрожує росту та врожайності. Ступінь ефекту залежить від того, коли настає період високих температур і наскільки інтенсивним є дефіцит води. Такі зміни погодних умов здатні спричинити зниження врожайності сої до 40 %.

Дослідження [13, 14] свідчать, що коли соя піддається впливу високих температур у фазу заповнення насінням, її врожайність знижується, а склад насіння змінюється. Авторами [15] доведено, що з кожним підвищенням температури на 1 °C урожайність сої знижується в середньому на 17 %. Також зазначається, що високотемпературний стрес під час середнього репродуктивного росту, є більш шкідливим для врожаю та розміру насіння, ніж той, що виникає на ранніх або пізніх стадіях репродуктивного розвитку [16, 17]. Дослідження [18] вказують, що найбільш згубний вплив на врожайність сої (зниження сягає 42–64 %) має комбінована дія високої температури та посухи порівняно з їх окремими впливами.

На думку авторів [19], одним з перспективних напрямів управління процесом формування стійких агроценозів бобових культур, насамперед сої, є застосування препаратів, які дозволяють захистити фізіологічний стан рослин від надмірного температурного впливу та дефіциту опадів. Згідно з дослідженнями [20, 21], на сьогодні найбільш вживаними технологічними заходами є ґрунтування насіння різноманітними біостимуляторами, гормональними препаратами та осмопротекторами, які вже випробувані на таких культурах як пшениця, кукурудза та нут.

Водночас, відомо не так багато досліджень, присвячених порівнянню ефективності обробки насіння сої мікроорганізмами

та фітогормонами, хоча передпосівна інокуляція насіння бактеріальними препаратами є обов'язковим елементом технології вирощування, що важливо для органічної системи землеробства. За даними [22], препарати на основі різноманітних симбіотичних і несимбіотичних ризобактерій використовують як біоінокулянти для сприяння росту та розвитку рослин за допомогою різних механізмів, включаючи фіксацію азоту, виробництво сидерофорів, синтез фітогормонів тощо.

Мета дослідження полягала у визначенні впливу передпосівної інокуляції й обробки фітогормональним препаратом насіння сої у системі органічного землеробства на вміст фотосинтетичних пігментів і врожайність у критичних кліматичних умовах.

Матеріал і методи дослідження. Польові дослідження проведено на дослідному полі на території Кременчуцького району Полтавської області впродовж 2022–2024 років. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем залишково-солонцюватий на лесових породах із помірним рівнем забезпеченості азотом і фосфором та високим – калієм.

Для проведення аналізу ґрунту відібрано 5 проб з глибини 0–20 см дослідної ділянки. Композитний зразок ґрунту виготовлений за допомогою змішування зібраних зразків. Зразок сушили на повітрі, подрібнювали і пропускали через сито 2 мм. Визначення вмісту азоту, фосфору, калію та рН у зразках ґрунту (0–20 см) виконано за допомогою мультипараметричного фотометру Palintest SK500: pH_{KCl} – 6,3; гумус – 5,2 %; загальний азот – 58,6 мг/кг; фосфор (P_2O_5) – 78,3 мг/кг; калій (K_2O) – 138,4 мг/кг.

Загальна площа земельної ділянки становила 0,3 га, облікова – 0,1 га.

У процесі досліджень використовували агротехніку, звичайну для зони вирощування. Попередник – ячмінь ярий. Посів сої здійснювали в оптимальні терміни згідно з кліматичними умовами року дослідження на глибину 5 см, з шириною міжрядь 38 см і нормою висіву 700 тис. насінин/га.

Технологічний обробіток ґрунту з урахуванням особливостей вирощування рослинних культур за органічною технологією включав: осінню оранку плугом, весняне боронування важкою бороною для збереження вологи, культивування стерньовим агрегатом, досходове та післясходове боронування сітчастою бороною Striegel, а також дві міжрядні культивування для контролювання бур'янів.

Для захисту посівів від шкідників тричі вручну вносили трихограму (100–200 тис. особин/га) у 50 точках на гектар: до сівби, через місяць та за необхідності, залежно від рівня зараження посівів.

Об'єкт дослідження – ранньостиглий сорт сої вітчизняної селекції Хорол, оригіна́тор – ТОВ «Науково-дослідний інститут сої».

Повторність досліду – триразова. Розміщення варіантів – рендомізоване.

Для інокуляції насіння сої використано бактеріальний препарат Legume Fix та препарат з комплексом фітогормонів Віолар. На контрольному варіанті проведено обробку насіння та рослин сої еквівалентною кількістю води.

До складу препарату Legume Fix (виробник – Legume Technology LTD, Великобританія) входять: бактерії *Bradyrhizobium japonicum* 532 C (2×10^9 /г), поживний розчин з дріжджового екстракту (46 %), полівінілілпіролідол (5 %) і осоковий торф (49 %) як носій, стерилізований γ -променями, подрібнений і скорегований до $\text{pH}=7$, з незначним вмістом порошкоподібного вапна [23]. Насіння інокулювали сухим методом за 30 хв до посіву за норми 1,25 кг інокулянту на 500 кг насіння.

Біопрепарат Віолар (супернатант культуральної рідини + етанольний екстракт біомаси (4:1) продуцента *S. violaceus* IMB Ac-5027) є поліфункціональним метаболічним біопрепаратом на основі ґрунтових стрептоміцетів з вмістом комплексу природних фітогормонів: ауксинів (3,6 мг/л), цитокінінів (1,9 мг/л), гіберелінів (1,6 мг/л), вільних амінокислот (2,2 мг/л), ліпідів (5,5 мг/л), абсцисової кислоти (0,02 мг/л), стеролів (1,71 мг/л), а також ненасичених жирних кислот. Виробник – ТОВ «ІК «Біоінвест-Агро»», Україна. Цей препарат використовували для передпосівної обробки насіння (0,5 л/т) та обприскування в період бутонізації–початку цвітіння (10 мл/га) [24].

Вимірювання оптичної густини проводили на спектрофотометрі ULAB 108 UV. Розрахунок площі листової поверхні проведено за допомогою програми Easy Leaf Area [25]. Знаючи площу листків на одній рослині та, помноживши цей показник на густоту рослин на 1 га, одержано площу листового апарату рослин на певній площі, виражену в $\text{м}^2/\text{га}$.

Матеріал для визначення фотосинтетичних пігментів обробляли в свіжому стані відразу після збору. Екстрагували пігменти 96 % етанолом. Спектрофотометричне вимірювання оптичної щільності етанольних

екстрактів для визначення вмісту хлорофілу *a* (Chl *a*) та хлорофілу *b* (Chl *b*) проводили без попереднього розділення за максимумами поглинання Chl *a* – 665 нм, Chl *b* – 649 нм на спектрофотометрі ULAB 108 UV. Розрахунків вмісту пігментів в отриманих екстрактах проводили за методикою [26] за формулами (1–2):

$$C_{\text{chl } a} = [(13,95D_{665} - 6,88D_{649}) \cdot V] / m, \quad (1)$$

$$C_{\text{chl } b} = [(24,96D_{649} - 7,32D_{665}) \cdot V] / m, \quad (2)$$

де $C_{\text{chl } a}$, $C_{\text{chl } b}$ – концентрація Chl *a* і Chl *b* в мг/г сирової речовини;

D_{665} і D_{649} – оптична щільність спиртового екстракту пігментів за довжин хвиль $\lambda=665$ нм та $\lambda=649$ нм, відповідно;

m – маса наважки, мг;

V – об'єм етанолу, см³.

Статистичну обробку даних проведено методами описової статистики, регресійного та дисперсійного аналізу з використанням програми Statistica 12.0. Значимість експериментальних даних оцінювали за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) для розрахунку найменшої істотної різниці HIP_{05} .

Результати дослідження та обговорення. Аналіз динаміки формування площі листової поверхні рослин сої впродовж 2022–

2024 рр. дозволив оцінити вплив погодних умов під час вегетації культури (рис. 1).

За наведеними даними у 2022 та 2023 рр. температурні показники та вологозабезпечення виявились більш сприятливими для зростання та розвитку рослин сої. Тимчасом у 2024 р. спостерігались надвисокі температури та низька відносна вологість повітря через недостатній обсяг атмосферних опадів і нерівномірність їх розподілу впродовж вегетації, що обмежувало формування площі листової поверхні посівів культури.

У спекотному 2024 р. площа листової поверхні рослин сої виявилась меншою, ніж у попередніх 2022 та 2023 роках на всіх варіантах дослідів (рис. 2): на контролі – на 16,5–22,1 %; за інокуляції Legume Fix – на 13,6–21,3 %; за фітогормональної обробки Віолар – на 16,1–21,2 %.

Для встановлення впливу передпосівної обробки насіння Legume Fix і Віолар на роботу фотосинтетичного апарату рослин сої за різних погодних умов виконаний аналіз динаміки вмісту хлорофілу Chl *a* і Chl *b* та розраховано суму їх форм, оскільки ефективність пігментної системи впливає на врожайність культури сої та залежить від умов навколишнього середовища (табл. 1).



Рис. 1. Середньомісячна температура повітря та кількість опадів впродовж вегетаційного періоду сої, 2022–2024 рр.

Джерело: побудовано за результатами авторських досліджень.

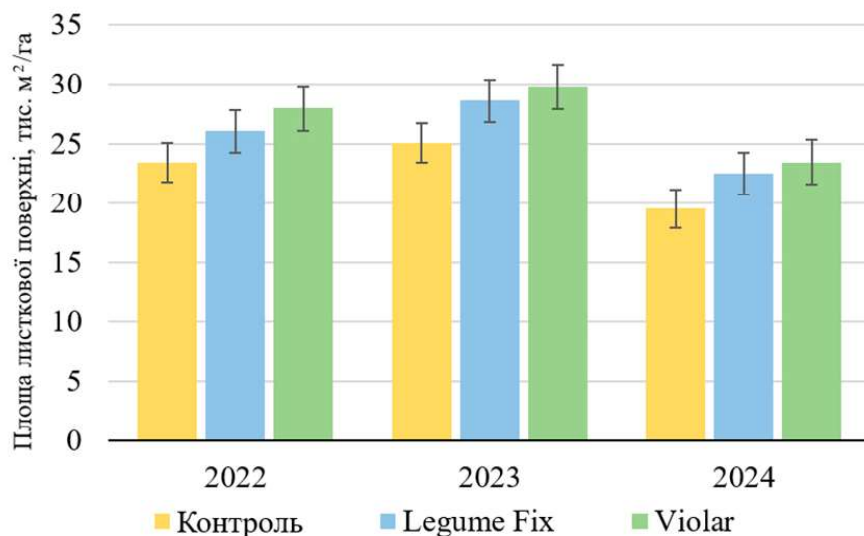


Рис. 2. Динаміка формування площі листкової поверхні рослин сої за різних технологій передпосівної обробки, тис. м²/га (середнє за 2022–2024 рр.)

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

Таблиця 1 – Вміст хлорофілу *a* і *b* у листках сої у фазу цвітіння залежно від технології передпосівної обробки, середнє за 2022–2024 рр.

Технологія	Chl <i>a</i>			Chl <i>b</i>			Chl (<i>a+b</i>)		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Контроль (вода)	1,12	1,17	0,78	0,46	0,48	0,34	1,58	1,66	1,12
Legume Fix	1,17	1,23	0,88	0,47	0,49	0,36	1,64	1,73	1,24
Віолар	1,29	1,44	0,93	0,51	0,56	0,38	1,80	2,00	1,30
НІР ₀₅	0,098			0,034			0,134		

Джерело: побудовано за результатами авторських досліджень.

У дослідженні передпосівна обробка насіння сої дослідними препаратами покращила фізіологічні показники рослин, сприяла збільшенню вмісту хлорофілу, що активізувало фотохімічні функції хлоропластів, підвищуючи ефективність фотосинтезу. Із даних таблиці 1 видно збільшення загального вмісту Chl (*a+b*) за використання Legume Fix та Віолар залежно від років дослідження порівняно з контролем на 3,5–10,7 і 14,1–21,0 %, відповідно. Сумарний вміст Chl (*a+b*) в рослинах сої завдяки застосуванню Legume Fix і Віолар порівняно з контрольними рослинами у 2024 р. збільшився на 10,7 і 16,1 % відповідно, тимчасом у 2022–2023 рр. в середньому – на 4,0 і 17,5 % відповідно.

Порівняння концентрації Chl *a* і Chl *b* в рослинах, вирощених з насіння, обробленого Віолар, показало їх максимальний рівень в усі роки дослідження. Вміст Chl *a* і Chl *b*

перевищував контроль у середньому на 18,9 та 13,3 %, відповідно, і на 7,4 та 3,4 % вміст хлорофілів у рослинах з насіння, іноккульованого Legume Fix.

Слід зазначити, що вміст фотосинтетичних пігментів у листі культури сої у більш сприятливому 2023 р. збільшився, що може бути обумовлено обробкою насіння біопрепаратами. Зокрема, у 2023 р. порівняно з 2022 р. за використання Legume Fix та Віолар спостерігалось збільшення вмісту Chl *a* на 5,1 і 11,6 %, відповідно, а перевищення контролю становило 5,1–23,1 % за дією обох препаратів.

Збільшення вмісту Chl *b* у 2023 р. порівняно з 2022 р. корелювало зі зростанням рівня Chl *a*. Концентрація Chl *b* в листі сої за використання Віолар виявилась більшою за його концентрацію в 2022 р. на 9,8 %, концентрація Chl *b* за використання Legume Fix перевищувала цей показник і контроль на 4,3 %.

Слід зазначити, що незважаючи на зменшення вмісту Chl *a* та Chl *b* за всіма варіантами досліджень у 2024 р., ріст рослин інгібувався високою температурою. Порівняно з вмістом у рослинах, вирощеними у попередні роки, за використання Віолар вміст Chl *a* збільшився відносно контролю на 19,2 %, що підтверджує ефективність його дії у подоланні температурного чинника. Проте, вміст Chl *b* за використання Віолар перевищував контрольні рослини у 2024 р. на 11,8 %, а в більш сприятливих 2022–2023 рр. – на 10,9–16,7 %.

За інокуляції насіння сої Legume Fix у 2024 р. вміст Chl *a* в рослинах збільшився найбільш суттєво – на 12,8 %, а Chl *b* – на 5,9 % відносно контрольних рослин. Аналогічну кореляцію спостерігали у 2022–2023 рр. – зростання Chl *a* становило 4,5–5,1 %, а Chl *b* – лише на 2,1 %.

Урожайність сої на контрольному варіанті визначено на рівні 1,9–2,4 т/га залежно від року (рис. 3), тимчасом за використання Legume Fix та Віолар – 2,1–2,8 і 2,3–3,0 т/га відповідно. Експериментально визначено збільшення вмісту Chl (*a+b*) відносно контролю на 5,5 % за інокуляції Legume Fix та на 17,2 % за використання фітогормонального препарату Віолар, що привело до зростання врожайності сої в середньому на 13,2–20,6 %. Водночас, між вмістом Chl (*a+b*) та врожайністю визначено пряму кореляційну залежність

із сильним зв'язком за всіма варіантами досліджень: контрольному – $r=0,986$, за використання інокулянту Legume Fix – $r=0,983$, біопрепарату Віолар – $r=0,988$.

Отриманий приріст врожайності корелює з результатами роботи [24] – використання Віолару за вирощування пшениці ярої сприяло зростанню вмісту Chl *a*, Chl *b* та Chl (*a+b*) на 20,0; 40,0 і 19,2 %, відповідно, що забезпечило збільшенню врожайності зерна на 20,3 %. За результатами досліджень, використання Віолар привело до зростання вмісту Chl *a*, Chl *b* та Chl (*a+b*) відносно контролю в середньому на 18,9; 13,3 і 17,2 %, а врожайності – на 20,6 %.

Ефективність застосування Legume Fix відображено у дослідженні [27], де інокульоване насіння сої доповнювали позакореневим підживленням комплексними хелатними мікродобривами. У результаті збільшення вмісту Chl *a*, Chl *b* та Chl (*a+b*) у листках рослин двох сортів сої становило 5,8–8,2; 1,1–16,8 і 6,8–7,8 % відповідно, а врожайності – на 6,0–8,0 %. Згідно з дослідженнями [28], застосування Legume Fix у системі органічного землеробства сприяло зростанню врожайності насіння сої на 12,4–16,1 %, а за даними [29] – на 14,8–22,2 %.

За результатами виконаного статистичного аналізу отриманих даних підтверджено зв'язок між рівнем урожайності, площею листової поверхні та вмістом Chl (*a+b*) (рис. 4).

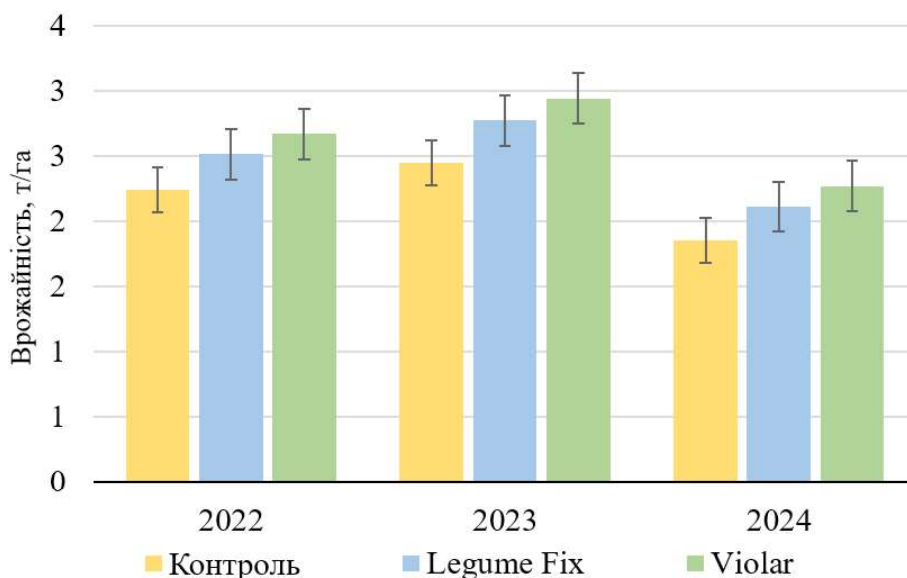
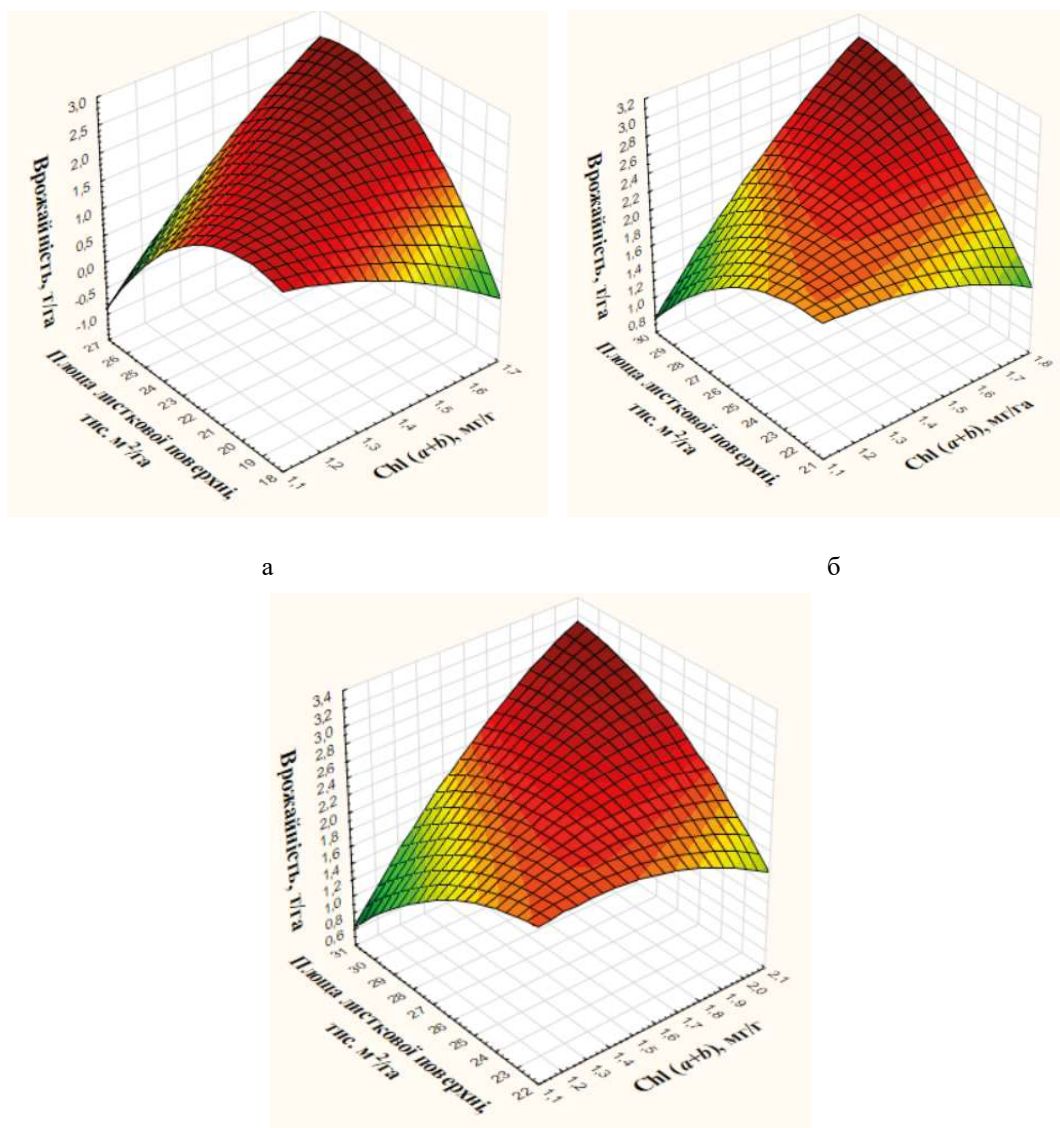


Рис. 3. Динаміка врожайності сої сорту Хорол за передпосівної обробки насіння різними технологіями, т/га (в середньому за 2022–2024 рр.)

Джерело: побудовано за результатами авторських досліджень.



а

б

в

Рис. 4. Графіки квадратичної регресії врожайності сої за системи органічного землеробства від площі поверхні листка та вмісту Chl (a+b) для:

а – контрольного варіанта

$$(Y = 1,2484 - 13,5111x + 0,8349y - 2,8747x^2 + 1,0067xy - 0,0497y^2);$$

б – інокуляції насіння Legume Fix

$$(Y = 2,7017 - 6,8097x + 0,2842y - 1,3705x^2 + 0,4635xy - 0,0185y^2);$$

в – використання біопрепарату Віолар

$$(Y = 2,0979 - 4,8653x + 0,267y - 1,0995x^2 + 0,3509xy - 0,0156y^2).$$

Джерело: побудовано за результатами авторських досліджень.

За наведеними даними можна стверджувати про сильний прямий зв'язок між площею листкової поверхні та рівнем врожайності на всіх варіантах досліджень – контрольному ($r=0,990$), за використання інокулянту Legume Fix ($r=0,996$) та біопрепарату Віолар ($r=0,986$). Також пряму кореляційну

залежність із сильним зв'язком встановлено між концентрацією Chl a та врожайністю на всіх варіантах досліджень – контрольному ($r=0,983$), Legume Fix ($r=0,986$) та Віолар ($r=0,988$); концентрацією Chl b та врожайністю – контроль ($r=0,957$), Legume Fix ($r=0,982$) та Віолар ($r=0,977$).

Експериментально визначено збільшення вмісту Chl ($a+b$) відносно контролю на 5,5 % за інокуляції Legume Fix та на 17,2 % за використання біопрепарату Віолар, що привело до зростання врожайності сої в середньому на 13,2–20,6 %. Водночас, між вмістом (Chl ($a+b$)) та врожайністю визначено пряму кореляційну залежність із сильним зв'язком за всіма варіантами досліджень: контролю – $r = 0,986$, Legume Fix – $r = 0,983$, Віолар – $r = 0,988$.

Отже, результати експерименту й аналіз результатів дозволяють визначити фітогормональний препарат Віолар у ґрунтуванні насіння як ефективний засіб індукції рослин сої у подоланні несприятливих погоднокліматичних умов і формуванні високої врожайності за технологіями органічного землеробства.

Висновки. Представлене дослідження показало, що в системі органічного землеробства інокуляція насіння бактеріальними препаратами та ґрунтування препаратами із вмістом фітогормонів справляють значний вплив на розвиток і продуктивність сої в критичних умовах вирощування (відсутність опадів за високих температур). Кількісна оцінка таких параметрів як площа листової поверхні, вміст хлорофілів залежно від умов вирощування і способу передпосівної обробки насіння забезпечує інформативне та достовірне розуміння чинників приросту врожайності.

Отримані результати показали, що всі способи обробки насіння сої призводять до збільшення площі листової поверхні, вмісту фотосинтетичних пігментів та врожайності. Статистично підтверджений сильний прямий зв'язок між вказаними показниками та врожайністю, яка в середньому збільшилась відносно контролю на 13,2 % (2,87 т/га) за використання препарату Legume Fix та на 20,5 % (4,47 т/га) за використання Віолар.

Це дослідження демонструє можливості різних підходів до підготовки насіння сої (використання бактеріальних та фітогормональних препаратів) для вирощування за технологіями органічного землеробства, порівнюючи їх ефективність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bosanquet J. Summary series: soy. URL: <https://tabledebates.org/building-blocks/table-summary-series-soy>.
2. Soy protein: Impacts, production, and applications. Sustainable protein sources / M. Thrane et al. Academic Press, 2017. P. 23–45. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128027783000020>.

3. Soybean Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2024–2029). URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/soybean-market>.

4. IGS: Global soybean production in 2024/25 MY to break record. URL: <https://www.tridge.com/news/igs-global-soybean-production-in-202425-my-tndaksl>.

5. Ukraine soybean area, yield and production. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Soybean>.

6. Полевик В. Україна стала драйвером з вирощування сої. URL: <https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/ukrajina-stala-drayverom-z-viroshchuvannya-soji>.

7. IISD's State of Sustainability Initiatives Review: Standards and investments in sustainable agriculture / V. Voora et al. Canada: International Institute for Sustainable Development. 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/378140518_State_of_Sustainability_Initiatives-Review-Standards_and_Investments_in_Sustainable_Agriculture.

8. European soybean to benefit people and the environment / J.L. Rotundo et al. Scientific Reports. 2024. Vol. 14. 7612. DOI: 10.1038/s41598-024-57522-z

9. Nandi P. Organic soybean market research report by application (crush, food use, feed use) and by region (North America, Europe, Asia-Pacific, and rest of the world) – market forecast till 2030. 2017. 89 p. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/organic-soybean-market-4208>.

10. Чайка Т.О., Пономаренко С.В. Технологіко-економічні особливості вирощування органічної сої та озимої пшениці на фураж. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 1. С. 100–106.

11. Чайка Т.О. Вирощування органічної сої в Україні: перспективи та реальність. Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: міжнар. наук.-практ. конф. Полтава: ПДАУ, 2023. С. 10–12.

12. Differential drought responses of soybean genotypes in relation to photosynthesis and growth-yield attributes / M.S. Hossain et al. Plants. 2024. Vol. 13(19). 2765 p. DOI: 10.3390/plants13192765

13. High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism / A.C.S. Nakagawa et al. Plant Production Science. 2020. Vol. 23(4). P. 504–512. DOI: 10.1080/1343943X.2020.1742581

14. Heat waves imposed during early pod development in soybean (*Glycine max*) cause significant yield loss despite a rapid recovery from oxidative stress / M.H. Siebers et al. Global Change Biology. 2015. Vol. 21(8). P. 3114–3125. DOI: 10.1111/gcb.12935

15. Lobell D.B., Asner G.P. Climate and management contributions to recent trends in U.S. agricultural yields. Science. 2003. Vol. 299(5609). 1032 p. DOI: 10.1126/science.1077838

16. Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] seed yield response to high temperature stress during reproductive growth stages / A. Puteh et al. Australian Journal of Crop Science. 2013. Vol. 7(10). P. 1472–1479. DOI: 10.3316/informit.618691

17. Jumrani K., Bhatia V.S. Impact of combined stress of high temperature and water deficit on growth and seed yield of soybean. Physiology and Molecular Biology of Plants. 2018. Vol. 24(1). P. 37–50. DOI: 10.1007/s12298-017-0480-5

18. Ogunkanmi L., MacCarthy D.S., Adiku S.G.K. Impact of extreme temperature and soil water stress on the growth and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Agriculture. 2022. Vol. 12(1). 43 p. DOI: 10.3390/agriculture12010043

19. Seed priming with melatonin coping drought stress in rapeseed by regulating reactive oxygen species detoxification: Antioxidant defense system, osmotic adjustment, stomatal traits and chloroplast ultrastructure perseveration / M.N. Khan et al. Industrial Crops and Products. 2019. Vol. 140. 111597 p. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111597

20. Seed priming a technique / J. Nawaz et al. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2013. 6(20). P. 1373–1381.

21. Emmer wheat productivity formation as depending on pre-sowing seed treatment method in organic and traditional technology cultivation / I.V. Korotkova et al. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2023. Vol. 14(1). P. 41–47. DOI: 10.15421/022307

22. Effects of soybean co-inoculation with plant growth promoting rhizobacteria in field trial / J. Marinkovic et al. Romanian Biotechnological Letters. 2018. Vol. 23(2). P. 13401–13408.

23. Legumefix. 100 % Organic Farm-Applied Peat-Based Inoculant. URL: <https://legumetechnology.co.uk/products/legumefix/>

24. Impact of microbial biostimulants on induction of callusogenesis and organogenesis in the isolated tissue culture of wheat in vitro / V. Tsygankova et al. Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 2017. Vol. 5(3). P. 155–164.

25. Easlon H.M., Bloom A.J. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. Applications in Plant Sciences. 2014. Vol. 2(7). 1400033 p. DOI: 10.3732/apps.1400033

26. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a, and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology. 1994. Vol. 144(3). P. 307–313.

27. Гадзовський Г.Л., Новицька Н.В., Мартинів О.М. Вміст хлорофілу в листі рослин і врожайність сої при внесенні хелатних мікроелементів. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2019. № 105. С. 34–38.

28. 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

29. Nimenko S.S., Grabovskyi M.B. Grain yield of soybean varieties depends on elements of organic growing technology. Irrigated farming. 2023. Vol. 79. P. 52–59. DOI: 10.32848/0135-2369.2023.79.7

REFERENCES

1. Bosanquet, J. Summary series: soy. Available at: <https://tabledebates.org/building-blocks/table-summary-series-soy>

2. Thrane, M., Paulsen, P.V., Orcutt, M.W., Krieger, T.M. (2017). Soy protein: Impacts, production, and applications. Sustainable protein sources. Academic Press. pp. 23–45. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128027783000020>.

3. Soybean Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2024–2029). Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/soybean-market>

4. IGS: Global soybean production in 2024/25 MY to break record. Available at: <https://www.tridge.com/news/igs-global-soybean-production-in-202425-my-t-daksl>

5. Ukraine soybean area, yield and production. Available at: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Soybean>

6. Polevyk, V. (2024). Ukraina stala draiverom z vyroshchuvannia soi [Ukraine has become a driver in soybean cultivation]. Available at: <https://agroportal.ua/news/rasteniiovodstvo/ukrajina-stala-draiverom-z-vyroshchuvannya-soji>

7. Voora, V., Larrea, C., Huppe, G., Nugnes, F. (2022). IISD's State of Sustainability Initiatives Review: Standards and investments in sustainable agriculture. Canada, International Institute for Sustainable Development. Available at: https://www.researchgate.net/publication/378140518_State_of_Sustainability_Initiatives-Review-Standards_and_Investments_in_Sustainable_Agriculture

8. Rotundo, J.L., Marshall, R., McCormick, R., Truong, S.K., Styles, D., Gerde, J.A., Gonzalez-Escobar, E., Carmo-Silva, E., Janes-Bassett, V., Logue, J., Annicchiarico, P., de Visser, C., Dind, A., Dodd, I.C., Dye, L., Long, S.P., Lopes, M.S., Pannecouque, J., Reckling, M., Rushton, J., Schmid, N., Shield, I., Signor, M., Messina, C.D., Rufino, M.C. (2024). European soybean to benefit people and the environment. Scientific Reports. no. 14, 7612. DOI: 10.1038/s41598-024-57522-z

9. Nandi, P. (2017). Organic soybean market research report by application (crush, food use, feed use) and by region (North America, Europe, Asia-Pacific, and rest of the world) – market forecast till 2030. 89 p. Available at: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/organic-soybean-market-4208>.

10. Chayka, T.O., Ponomarenko, S.V. (2015). Tekhnoloho-ekonomichni osoblyvosti vyroshchu-

vannia orhanichnoi soi ta ozymoi pshehytsi na furazh [Technological and economic features of growing organic soybeans and winter wheat forage]. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Bulletin of Uman national university of horticulture]. no. 1, pp. 100–106.

11. Chaika, T.O. (2023). Vyroshchuvannia orhanichnoi soi v Ukraini: perspektyvy ta realnist [Organic soybean cultivation in Ukraine: prospects and reality]. Aktualni napriamky ta problematyka u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia produktii roslinnytstva: mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Current trends and challenges in crop production technologies: international scientific and practical conference]. Poltava, PDAU, pp. 10–12.

12. Hossain, M.S., Khan, M.A.R., Mahmud, A., Ghosh, U.K., Anik, T.R., Mayer, D., Das, A.K., Mostofa, M.G. (2024). Differential drought responses of soybean genotypes in relation to photosynthesis and growth-yield attributes. *Plants*. no. 13(19), 2765. DOI: 10.3390/plants13192765

13. Nakagawa, A.C.S., Ario, N., Tomita, Y., Tanaka, S., Murayama, N., Mizuta, C., Iwaya-Inoue, M., Ishibashi, Y. (2020). High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism. *Plant Production Science*. no. 23(4), pp. 504–512. DOI: 10.1080/1343943X.2020.1742581

14. Siebers, M.H., Yendrek, C.R., Drag, D., Locke, A.M., Acosta, L.R., Leakey, A.D.B., Ainsworth, E.A., Bernacchi, C.J., Ort, D.R. (2015). Heat waves imposed during early pod development in soybean (*Glycine max*) cause significant yield loss despite a rapid recovery from oxidative stress. *Global Change Biology*. no. 21(8), pp. 3114–3125. DOI: 10.1111/gcb.12935

15. Lobell, D.B., Asner, G.P. (2003). Climate and management contributions to recent trends in U.S. agricultural yields. *Science*. no. 299(5609), 1032. DOI: 10.1126/science.1077838

16. Puteh, A., ThuZar, M., Mondal, M.M.A., Abdullah, N.A.P.B., Halim, M.R.A. (2013). Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] seed yield response to high temperature stress during reproductive growth stages. *Australian Journal of Crop Science*. no. 7(10), pp. 1472–1479. DOI: 10.3316/informit.618691

17. Jumrani, K., Bhatia, V.S. (2018). Impact of combined stress of high temperature and water deficit on growth and seed yield of soybean. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. no. 24(1), pp. 37–50. DOI: 10.1007/s12298-017-0480-5

18. Ogunkanmi, L., MacCarthy, D.S., Adiku, S.G.K. (2022). Impact of extreme temperature and soil water stress on the growth and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agriculture*. no. 12(1), 43. DOI: 10.3390/agriculture12010043

19. Khan, M.N., Zhang, J., Luo, T., Liu, J., Rizwan, M., Fahad, S., Xu, J., Hu, L. (2019). Seed priming with melatonin coping drought stress in rapeseed by regulating reactive oxygen species detoxification: Antioxidant defense system, osmotic adjustment, sto-

matal traits and chloroplast ultrastructure perseveration. *Industrial Crops and Products*. no. 140, 111597. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111597

20. Nawaz, J., Hussain, M., Jabbar, A., Nadeem, G.A., Sajid, M., Subtain, M.U., Shabbir, I. (2013). Seed priming a technique. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. no. 6(20), pp. 1373–1381.

21. Korotkova, I.V., Chaika, T.O., Romashko, T.P., Chetveryk, O.O., Rybalchenko, A.M., Barabolia, O.V. (2023). Emmer wheat productivity formation as depending on pre-sowing seed treatment method in organic and traditional technology cultivation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. no. 14(1), pp. 41–47. DOI: 10.15421/022307

22. Marinkovic, J., Bjelic, D., Tintor, B., Miladinovic, J., Dukic, V., Dordevic, V. (2018). Effects of soybean co-inoculation with plant growth promoting rhizobacteria in field trial. *Romanian Biotechnological Letters*. no. 23(2), pp. 13401–13408.

23. Legumefix. 100% Organic Farm-Applied Peat-Based Inoculant. Available at: <https://legumefix.co.uk/products/legumefix/>

24. Tsygankova, V., Shysha, E., Galkin, A., Biliavska, L., Iutynska, G., Yemets, A., Blume, Y. (2017). Impact of microbial biostimulants on induction of callusogenesis and organogenesis in the isolated tissue culture of wheat in vitro. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. no. 5(3), pp. 155–164.

25. Easlon, H.M., Bloom, A.J. (2014). Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in Plant Sciences*. no. 2(7), 1400033. DOI: 10.3732/apps.1400033

26. Wellburn, A.R. (1994). The spectral determination of chlorophylls a, and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*. no. 144(3), pp. 307–313.

27. Hadzovskyi, H.L., Novytska, N.V., Martynov, O.M. (2019). Vmist khlorofilu v lysti roslin i vrozhaunist soi pry vnesenni khelatnykh mikroelementiv [Chlorophyll content in the leaves of plants and the yield of soybeans with the introduction of chelated micronutrients]. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Silskohospodarski nauky [Taurida Scientific Herald. Rural Sciences]*. no. 105, pp. 34–38.

28. Chaika, T.O., Liashenko, V.V., Khomenko, B.S. (2023). Vplyv inokuliatsii nasinnia na vrozhaunist soi za orhanichnoi tekhnolohii 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

29. Nimenko, S.S., Grabovskyi, M.B. (2023). Grain yield of soybean varieties depends on elements of organic growing technology. *Irrigated farming*. no. 79, pp. 52–59. DOI: 10.32848/0135-2369.2023.79.7

Effect of pre-sowing treatment of soybean seeds with biopreparations on the photosynthetic pigments content and yield under unstable moisture conditions and organic farming**Chaika T., Korotkova I.**

Global soybean production is continuously increasing, as it remains one of the most in-demand crops on the global food market. At the same time, climate changes, manifested through rising temperatures and precipitation deficits during the crop's vegetative period, significantly affects its yield. This necessitates the implementation of new technological solutions that ensure the efficient use of production resources and the safety of the final product. One of such promising methods is the pre-sowing treatment of soybean seeds with biopreparations, which enhance plant resistance to stress factors and contribute to achieving potential yields with high quality.

The aim of this study is to determine the effect of pre-sowing inoculation and treatment with a phytohormonal preparation on the content of photosynthetic pigments and yield of soybeans in organic farming system in challenging climate conditions.

Field experiments conducted in 2022–2024 in Poltava region investigated the effect of pre-sowing

seed treatment of the «Horol» soybean variety with the inoculant Legume Fix and the phytohormonal preparation «Violar» on leaf area, photosynthetic pigment content, and yield under various weather conditions within an organic farming system.

The results showed that pre-sowing seed treatment contributed to an increase in leaf area by an average of 13.4 % with «Legume Fix» and 19.3 % with «Violar». It was established that treatment with «Violar» led to an increase in the concentration of Chl *a*, Chl *b*, and total Chl (*a+b*) compared to the control by an average of 18.9 %, 13.3 %, and 17.2 % respectively, whereas inoculation with «Legume Fix» increased these indicators by 7.4 %, 3.4 %, and 6.2 % respectively.

It was also determined that pre-sowing seed treatment with «Legume Fix» and «Violar» resulted in an average yield increase of 13.2 % and 20.6 % respectively, compared to the control plants. A strong direct correlation was calculated between leaf area, Chl (*a+b*) content, and yield levels across all study variants: control (0.990; 0.986), «Legume Fix» (0.996; 0.983), and «Violar» (0.986; 0.988) respectively.

Key words: *Glycine max* L. Merr., organic farming, inoculation, leaf area, photosynthetic pigments, weather conditions.



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/0000-0003-0577-9634>

АГРОНОМІЯ

УДК 582.711.713:577.171.6

Індукція ризогенезу *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb трофічними та гормональними детермінантами**Шита О.П. , Філіпова Л.М. , Мацкевич В.В. ***Білоцерківський національний аграрний університет*

Філіпова Л.М. E-mail: lora.filipova@ukr.net



Шита О.П., Філіпова Л.М., Мацкевич В.В.
Індукція ризогенезу *Prunus dulcis* (Mill.)
D.A. Webb трофічними та гормональ-
ними детермінантами. «Агробіологія»,
2025. № 1. С. 199–209.

Shyta O., Filipova L., Matskevych V.
Induction of rhizogenesis in *Prunus dulcis*
(Mill.) D.A. Webb by nutritional and
hormonal determinants. «Agrobiology»,
2025. no. 1, pp. 199–209.

Рукопис отримано: 17.03.2025 р.

Прийнято: 01.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-199-209

Мигдаль є однією з перспективних горіхоплідних культур, здатною зменшити кліматичні ризики для досягнення цілей сталого розвитку та запобігання загрозі агроєкологічній і продовольчій безпеці. Для швидкого розмноження садивного матеріалу високої якості найбільш придатним є мікроклональне розмноження, яке здійснюють у контрольованих умовах у чотири етапи. Успіх ризогенезу (одного з етапів) визначає подальшу приживлюваність регенерантів на етапі адаптації. Дослідження виконано в умовах міжкафедральної лабораторії біотехнології рослин БНАУ у стандартних умовах. У дослідженні використано експланти чотирьох вітчизняних сортів мигдалю солодкого (Е5 Борозан, М 41 Алекс, Джорджія, Луїза). Вивчено вплив трофічних та гормональних детермінант на ризогенез мигдалю солодкого. Результати демонструють сортову специфічність реакцій мигдалю на тип ауксину, співвідношення фітогормонів, а також на інші технологічні детермінанти. Щодо вивчення впливу синтетичних аналогів ауксину (індолілмасляна, індолілоцтова, нафтилоцтова кислоти) на індукцію ризогенезу встановлено, оптимальними умовами для коренотворення є використання індолілмасляної кислоти у концентрації 0,75 мг/л у поєднанні з 0,125 мг/л БАП. Концентрація сахарози (1–2 %) сприяє формуванню розвиненої кореневої системи та покращує біометричні показники регенерантів. Вищі концентрації сахарози зумовлювали гіпергідратацію тканин та утворення калюсів, що ускладнювало адаптацію рослин. Досліджено також вплив мезоінозиту та активованого вугілля, які у помірних концентраціях покращували формування коренів. Оптимальним визнано додавання 2 % сахарози та 1,0–1,5 г/л активованого вугілля.

Отже, результати дослідження показали, що ефективність ризогенезу мигдалю солодкого *in vitro* залежить від багатьох чинників, серед яких особливу роль відіграє тип експланта, гормональне співвідношення у середовищі та його трофічний склад. Оптимізація цих параметрів на етапі ризогенезу є ключовою для підвищення продуктивності за мікроклонального розмноження цієї культури.

Ключові слова: ризогенез, *in vitro*, мигдаль, фітогормони, живильне середовище, укорінення, сахароза.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Однією з актуальних проблем, що впливає на соціально-економічний розвиток України, є зміна клімату, яка ускладнює досягнення цілей сталого розвитку та становить загрозу агроєкологічній

і продовольчій безпеці. Вказані зміни обумовлюють необхідність адаптації аграрного виробництва, зокрема через диверсифікацію традиційного землеробства.

У сфері аграрного виробництва, зокрема у горіхівництві, вагоме значення має викори-

стання високоякісного, генетично стабільного садивного матеріалу, що забезпечує можливість оперативного й масового вирощування відповідно до змін кліматичних умов, попиту та інших чинників [1].

Однією з перспективних плодкових культур, здатною знизити кліматичні ризики, є мигдаль. Однак сорти іноземної селекції малопридатні для умов України через надмірну тривалість вегетаційного періоду та недостатню зимостійкість. Упродовж останніх десятиліть в Україні створено та внесено до офіційного реєстру нові сорти солодкого мигдалю Е5 Борозан, М 41 Алекс, Джорджия, Луїза.

Одним із перспективних методів розмноження садивного матеріалу є технологія *in vitro*, що сприяє підвищенню регенераційного потенціалу рослин завдяки застосуванню культури тканин. Цей метод передбачає контрольоване середовище для росту та розвитку, підтримання фізичних параметрів середовища на оптимальному рівні, а також оптимізацію трофічних і гормональних чинників онтогенезу [2].

Критично важливим аспектом мікрокліматичного розмноження є процес ризогенезу, оскільки формування кореневої системи *de novo* впливає на генетичну стабільність й ідентичність отриманих рослин материнському екземпляру. Детермінантами ризогенезу *in vitro* є комплексний вплив ендегенних та екзогенних чинників, серед яких особливу роль відіграють фітогормони та їх синтетичні аналоги. Співвідношення цитокинінів та ауксинів регулює морфогенетичні процеси: переважання ауксинів сприяє активації апікального домінування, ксилемогенезу та коренеутворенню.

У попередні роки проведено ряд досліджень щодо розмноження мигдалю *in vitro* [3–5]. Для цих сортів нами розроблено технології отримання асептичної культури та мультиплікації. Встановлено, що у рослин мигдалю *in vitro* реакція на певний тип ауксину має сортову специфіку [6–8].

В Україні немає даних щодо дослідження розмноження, зокрема, ризогенезу мигдалю *in vitro*, на відміну від зарубіжних науковців [6–11].

На ризогенез також впливають ендегенні гормони, стан експланта, склад поживного середовища і доступність його компонентів, затінення, активоване вугілля, екзогенні джерела вуглеводів тощо [12–14]. Тому, актуальним завданням є розробка технологічних прийомів індукції коренеутворення з урахуванням сортових особливостей для нових сортів мигдалю солодкого української селекції.

Мета дослідження – визначити оптимальні значення трофічних та гормональних детермінант ризогенезу мигдалю.

Матеріал і методи дослідження. Досліди проводили в умовах міжкафедральної лабораторії біотехнології рослин БНАУ у стерильних умовах згідно з стандартними рекомендаціями [15, 16].

Експланти культивували в ємностях об'ємом 250 мл з 25 мл живильного середовища. Інтенсивність освітлення 2,0–2,5 клюкс. Фотоперіод 16 годин. Температура культивування 24 ± 2 °C. Рослинні об'єкти – сорти мигдалю солодкого (*P. amygdalus*), що належать до родини Розових (*Rosaceae*), роду Слива (*Prunoideae*), підродина мигдалеві (*Amygdaloideae*) або сливові (*Prunus*).

Сорти мигдалю Е5 Борозан, М 41 Алекс, Джорджия, Луїза, селекції ФГ ім. Академіка Уманова (селекціонер Бабанський В.М.), у 2020 році занесені до Державного Реєстру сортів рослин, дозволених для вирощування в Україні. Мають середню групу стиглості; урожайність – 2,3–2,8 т/га; зимо- (холодо-) стійкі, високостійкі до ураження попелицями. Мають високі смакові якості [17].

На етапі ризогенезу досліджували вплив трофічних та гормональних детермінант.

Дослід 1. Вивчення впливу індолілмасляної кислоти (ІМК) у концентраціях 0,125; 0,250; 0,500; 0,750; 1,000 і 1,250 мг/л на ризогенез мигдалю *in vitro*. Контрольний варіант досліду – без ауксинів. Живильне середовище НАМ [18] з додаванням базової концентрації 6-бензіламінопурину (БАП) 0,125 мг/л. Визначали швидкість появи ознак ризогенезу, середню довжину кореневої системи та кількість коренів. Початок ризогенезу фіксували за появою первинних візуальних ознак, таких як потовщення базальної частини пагону або утворення кореневих бугорків. Довжину та кількість коренів визначали на 45-ту добу культивування.

Дослід 2. Дослідження впливу синтетичних речовин з ауксиноюю активністю ІМК, індолілоцтової кислоти (ІОК), нафтілоцтової кислоти (НОК) у концентраціях 0,125; 0,250; 0,500; 0,750; 1,000; 1,250 і 1500 мг/л на фоні 0,125 мг/л БАП на ризогенез регенерантів сорту Джорджия. Контрольний варіант досліду – без ауксинів. Визначали відсоток укоріненних рослин.

Дослід 3. Вивчення впливу гормонів ауксинової і цитокинінової дії у різних комбінаціях (БАП 1,0, ІМК 1,0, БАП 1,0 + ІМК 0,25, БАП 0,25 + ІМК 1,0) за вирощування донорів експлантів. Контрольний варіант досліду –

без гормонів. Для культивування використовували середовище MS. Обліки проводили на експлантах віком 45 діб. Визначали кількість пагонів у конгломераті та відсоток укорієних рослин.

Дослід 4. Дослідження впливу гормонів ауксинової і цитокінінової дії у різних комбінаціях за вирощування донорів експлантів на подальше укорієння потомства регенерантів. Середовище MS [19] з додаванням 0,25 ІМК та 0,1 БАП. Визначали довжину кореневої системи та відсоток укорієних рослин.

Дослід 5. Дослідження трофічних детермінант ризогенезу на показники ризогенезу. Використано базові варіанти середовищ з відмінною за складом мінеральною частиною (різний якісний і кількісний склад макро- та мікроелементів) MS, QL, NRM, NAM [18–20] на фоні базової концентрації БАП 0,125 мг/л. Оцінювали такі показники як швидкість появи ознак коренеутворення та середня довжина кореневої системи.

Дослід 6. Вивчення впливу сахарози (вуглецю) на морфогенез експлантів сорту Джорджія. У досліді використано екзогенну сахарозу у концентраціях від 1 до 6 %, або 10; 20; 30, 40; 50; 60 г/л. Контрольний варіант досліді – без сахарози. Для культивування використовували середовище NAM. Фонові концентрації гормонів 0,25 ІМК та 0,1 БАП. Обліки проводили на експлантах віком 45 діб. Визначали ряд біометричних показників – кількість коренів, довжина головного кореня, висота регенеранта, ширина і довжина листової пластинки, а також показники, що характеризують перебіг морфогенезу – відсотки регенерантів з ознаками гіпергідратації та з ознаками інтенсивного калусоутворення у базальній частині.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програмного забезпечення для аналізу даних MS Excel [21]. Гіпотезу (нульову або альтернативну) обирали за результатами порівняння фактичних і критичних значень критеріїв достовірності на рівні значимості 5 %.

Результати дослідження та обговорення. Дослідження впливу ендогенних та екзогенних фітогормонів на процеси регенерації мигдалю *in vitro* показало значну залежність морфогенезу та ризогенезу експлантів від фізіологічного стану материнської рослини, з якої вони були отримані [16, 22]. Встановлено, що інтенсивність процесів регенерації значною мірою детермінується не лише гормональним складом живильного середовища, а також типом експланта, оскільки різні

частини рослини мають специфічні регенераційні потенціали.

Для отримання стеблових живців експланти культивували на середовищах, що сприяли апікальному домінуванню, тимчасом для стимуляції формування конгломератів мікропагонів використовували середовища, що індукували утворення та активізацію адвентивних бруньок. Порівняльний аналіз двох типів експлантів у 45 серіях досліджень дозволив виявити істотні відмінності у процесах регенерації. Стеблові живці демонстрували виключно верхівковий тип регенерації, що пояснюється переважною активністю медіальних бруньок, які за своєю природою підпорядковані апікальному меристематичному центру [23].

Водночас, морфогенез мікропагонів був варіативним і визначався співвідношенням фітогормонів у середовищі. За домінування цитокінінів відбувалося формування численних нових пагонів у вигляді конгломератів, тимчасом переважання ауксинів сприяло розвитку пагонів із чітко вираженим апікальним домінуванням та індукцією ризогенезу. Отримані результати стали основою для подальших досліджень, у яких як експланти використовували мікропагони, що виникали в процесі поділу конгломератів.

Серед синтетичних аналогів природних ауксинів найбільш розповсюдженою є ІМК, яка демонструє високу біологічну активність у процесах коренеутворення. Окрім ІМК, у біотехнологічних системах культивування рослин застосовують ІОК та НОК, хоча їхня ефективність варіює залежно від експериментальних умов [2, 16, 22].

Дослідження впливу ІМК як ключового детермінанта ризогенезу мигдалю *in vitro* (табл. 1) показали, що за використання 0,125 мг/л БАП оптимальною концентрацією ІМК для стимуляції коренеутворення була 0,750 мг/л. Подальше підвищення концентрації до 1,000 мг/л не справляло суттєвого покращення морфогенетичних параметрів, тимчасом перевищення рівня 1,000 мг/л негативно позначалося на ризогенезі, що може бути пов'язано з фітотоксичною дією надлишкових ауксинів.

Природний ауксин β -індолілоцтова кислота перебуває в рослинних тканинах як у вільній, так і зв'язаній формі, а її метаболічна деградація відбувається під дією ауксиноксидази та пероксидази [24, 25]. Натомість синтетичні аналоги ауксинів характеризуються більшою стабільністю та резистентністю до ферментативного розщеплення [26].

Таблиця 1 – Детермінація коренеутворення у регенерантів мигдалю *in vitro*

Сорт	Показник	Концентрація ІМК, мг/л						
		Контроль, без ауксину	0,125	0,250	0,500	0,750	1,000	1,250
М 41 Алекс	Початок ризогенезу, діб	42	40	40	39	36	36	34
	Довжина коренів	3	8	9	14	15	14	6
	Кількість коренів	0,3	0,5	1,6	1,9	1,9	2,0	1,4
Луїза	Початок ризогенезу, діб	44	41	40	39	38	37	37
	Довжина коренів	1,8	2,9	7,9	11,4	15,9	10,0	8,4
	Кількість коренів	1,0	1,6	1,9	2,2	2,7	2,6	2,1
Е5 Борозан	Початок ризогенезу, діб	39	37	37	32	32	31	30
	Довжина коренів	8	12	14	15	16	16	8
	Кількість коренів	0,6	0,9	1,3	1,9	2,2	2,1	1,9
Джорджия	Початок ризогенезу, діб	41	40	36	33	33	33	37
	Довжина коренів	0,6	0,6	0,9	1,4	1,6	1,7	1,3
	Кількість коренів	1,7	2,3	2,5	2,7	2,8	2,8	2,1

Дослідження регенерації сорту Джорджия продемонструвало, що найбільший відсоток укорінених рослин отримано за використання ІМК у концентрації 1,5 мг/л, тимчасом ІОК та НОК мали меншу ефективність (табл. 2). Водночас, регенеранти, вирощені на середовищі з НОК, характеризувалися укороченою, але потовщеною кореневою системою. У багатьох рослин у базальній частині пагону спостерігалися калюсні нарости діаметром 3–10 мм.

Крім безпосереднього впливу фітогормонів на ризогенез, виявлено, що процес укорінення залежав від співвідношення ауксинів і цитокинінів у середовищі. В експериментальних варіантах без додавання синтетичних ауксинів також спостерігалось формування кореневої системи, що пояснюється дією ендогенних фітогормонів [2, 27].

Дослідження чотирьох сортів мигдалю показали, що без використання ауксинів відсоток укорінених рослин суттєво варіював:

у сорту Е5 Борозан цей показник становив 63 %, М 41 Алекс – 56 %, Джорджії – 13 %, Луїзи – 15 %. Було виявлено обернену кореляцію між утворенням конгломерату мікропагонів і ризогенезом, що, ймовірно, пояснюється конкуренцією за ресурси між атрагуючими центрами.

Тривале культивування експлантів на безгормональному середовищі призводило до поступової втрати їх регенераційного потенціалу вже на третьому пасажі. У культуральних ємностях із п'яти експлантів регенерацію демонстрували лише 1–2 найбільші зразки (рис. 1), формуючи один мікропагін і слабо розвинену кореневу систему.

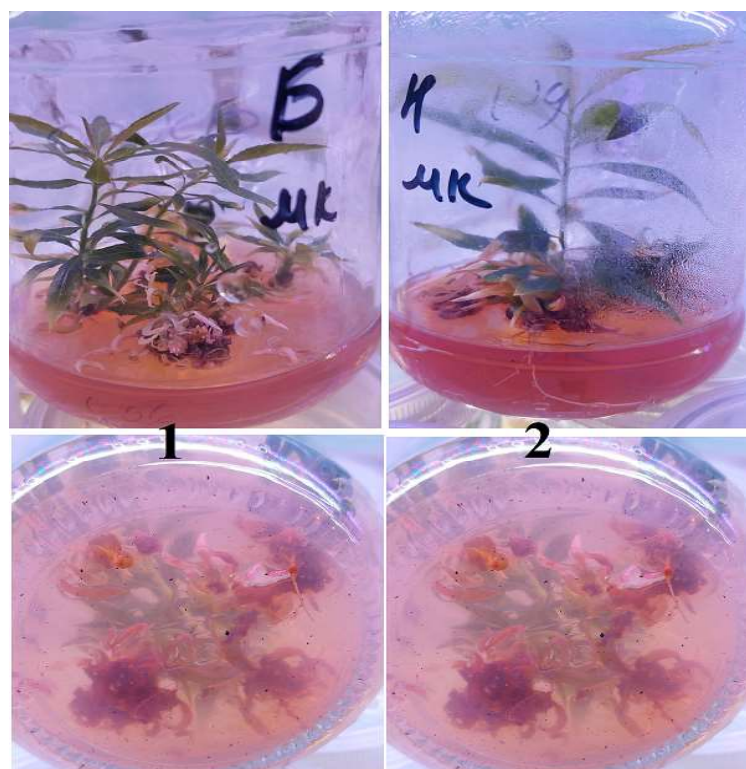
Біологічні особливості сорту мали значний вплив на ефективність регенерації та ризогенезу мигдалю *in vitro*. Найбільшу кількість мікропагонів у конгломераті формували сорти Джорджия та Луїза, однак за показником укорінюваності поступалися сортам Е5 Борозан та М 41 Алекс.

Таблиця 2 – Вплив гормонів на кількість укорінених *in vitro* регенерантів, сорт Джорджия, %

Гормон	Концентрація, мг/л						
	0,125	0,250	0,500	0,750	1,000	1,250	1,500
Контроль, без ауксинів	34,99						
Індолілмасляна кислота	62,6	68,45	77,10	79,81	80,51	74,04	52,3
Індолілоцтова кислота	38,85	41,41	49,66	49,97	54,21	69,38	76,45
Нафтилоцтова кислота	36,27	35,20	31,10	16,84	11,23	7,28	1,62

Таблиця 3 – Коефіцієнт розмноження та укорінення донорів експлантів регенерантів *in vitro* залежно від гормонального фону середовища

Показник	Синтетичний аналог гормонів, мг/л				
	Без гормонів	БАП 1,0	ІМК 1,0	БАП 1,0; ІМК 0,25	БАП 0,25; ІМК 1,0
Е5 Борозан					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	1,6	3,6	1,2	3,7	1,9
Укорінених регенерантів, %	63	3	74	9	79
М 41 Алекс					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	1,9	3,9	1,3	4,0	2,0
Укорінених регенерантів, %	56	4	71	12	83
Джорджия					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	2,3	4,1	1,9	4,3	2,6
Укорінених регенерантів, %	13	4	67	9	69
Луїза					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	2,2	3,8	1,6	4,1	2,5
Укорінених регенерантів, %	15	5	71	6	74

Рис. 1. Регенерація рослин *in vitro* із експлантів на безгормональному середовищі, де 1 – перший пасаж; 2 – третій пасаж.

Дослідження показали, що максимальна кількість мікропагонів формувалася на живильних середовищах з умістом 1,0 мг/л БАП та за сумісного застосування 1,0 мг/л БАП і 0,25 мг/л ІМК. Оптимальним для стимуляції коренеутворення виявилось середовище з концентрацією 0,25 мг/л БАП та 1,0 мг/л ІМК. За цих умов відсоток укорінювання становив: для сорту Е5 Борозан – 79 %, М 41 Алекс – 83 %, Джорджія – 69 %, Луїза – 74 %. Високі концентрації ІМК сприяли кращому укорінюванню регенерантів, тимчасом застосування високих концентрацій цитокінінів сприяло формуванню більшої кількості пагонів у конгломераті.

Аналіз гормонального статусу рослин показав, що як синтетичні, так і ендогенні фітогормони можуть накопичуватися у тканинах у різних формах, зокрема в активній, що забезпечує їх подальше використання у регенераційних процесах [2, 22]. Дослідження підтвердили, що тривале культивування донорських рослин та багаторазове живцювання впливали на регенераційний потенціал експлантів, зумовлюючи їх гормональний та трофічний статус [2, 26].

Вирощування донорських рослин на середовищах із різним гормональним складом суттєво впливало на морфогенетичні процеси у наступних поколіннях регенерантів. Зокрема, було встановлено, що експланти, отримані від донорів, культивованих на середовищі

з 0,25 мг/л ІМК та 0,1 мг/л БАП, характеризувалися різною кількістю мікропагонів у конгломераті та відсотком укорінених рослин (табл. 4). Аналіз впливу донорського матеріалу на ризогенез здійснювали на середовищі MS, що дозволяло виявити відмінності, які могли проявлятися і на інших середовищах, таких як NRM чи NAM [20, 28].

На безгормональному середовищі рівень укорінення потомства становив від 11 до 26 %, тимчасом середня кількість мікропагонів у конгломераті варіювала в межах 1,1–1,6 шт. Найвищий рівень укорінення спостерігався у експлантів, отриманих від донорів, вирощених на середовищі з 1,0 мг/л ІМК у поєднанні з низькою концентрацією БАП (0,25 мг/л). Натомість донори, культивовані на середовищі з 1,0 мг/л ІМК без додавання БАП, формували експланти з нижчим рівнем укорінення.

Гормональні чинники взаємопов'язані з трофічним статусом середовища, оскільки забезпечення рослин необхідними елементами живлення визначає ефективність їх метаболічних процесів. Наприклад, підвищений вміст азоту (нітрогену) стимулює активність цитокінінів, посилюючи їх транспортування в клітини та залучення до метаболічних реакцій [25]. Водночас дефіцит кальцію може негативно впливати на апікальне домінування через порушення транспорту ауксинів [2, 16, 26].

Таблиця 4 – Коефіцієнт розмноження та укорінення регенерантів *in vitro* залежно від гормонального фону за вирощування їх донорів

Показник у регенерантів-потомства	Гормональний фон за вирощування донорів експлантів, мг/л				
	без гормонів	БАП 1,0	ІМК 1,0	БАП 1,0; ІМК 0,25	БАП 0,25; ІМК 1,0
Е5 Борозан					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	1,1	4,1	1,0	3,9	1,4
Укорінених регенерантів, %	26	3	79	9	87
М41 Алекс					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	1,3	4,2	1,1	4,1	1,6
Укорінених регенерантів, %	18	4	70	11	84
Джорджія					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	1,6	4,5	1,1	4,2	2,0
Укорінених регенерантів, %	11	2	73	9	81
Луїза					
Кількість мікропагонів у конгломераті, шт.	1,4	4,0	1,6	4,1	2,6
Укорінених регенерантів, %	11	2	74	9	86

Загалом, детермінанти онтогенезу визначають або обмежують певні метаболічні процеси, а основні елементи нутриєнти відповідно до законів мінерального живлення, впливають на фізіологічний стан рослин та їх регенераційний потенціал. Співвідношення макро- та мікроелементів у складі живильного середовища є ключовим чинником, що визначає морфогенез та рівень укорінення регенерантів. Отже, технологічні параметри мікроклонального розмноження безпосередньо впливають на вибір рослиною певного способу онтогенетичного розвитку, що необхідно враховувати за оптимізації протоколів культивування мигдалю *in vitro*.

Важливу роль у регенераційних процесах відіграє також трофічний статус середовища. Вплив різних мінеральних компонентів на ризогенез мигдалю був досліджений на середовищах MS, QL, WPM, NAM, NRM (табл. 5). Ризогенез відбувався у найкоротші терміни на середовищі NAM, що також забезпечувало найбільшу довжину кореневої системи.

На середовищі WPM спостерігалось сповільнення процесів ризогенезу, особливо у сорту Джорджія – на понад 20 діб. Щодо сортових особливостей – швидші темпи ризогенезу на усіх живильних середовищах мав сорт Е5 Борозан.

Вуглець (Карбон) є основним органогенним елементом у рослинних організмах, що переважає як за вмістом, так і залученістю до численних біохімічних процесів. Він є складовою як первинних, так і вторинних метаболітів [29–31]. Цей елемент виконує ключові структурні та енергетичні функції, а також є складовою біологічно активних речовин, зокрема гормонів, ферментів і вітамінів. Його концентрація та хімічна різноманітність відіграють суттєву роль у регуляції морфогенезу й онтогенезу рослинних організмів [16, 24].

Щодо формування надземних органів, максимальні значення біометричних показників (довжина, ширина листових пластинок) визначено у контрольному варіанті (без додавання сахарози) внаслідок переходу рослин на автотрофний тип живлення. Відсутність екзогенної сахарози стимулювала ріст листових пластинок як основної фотоасимілюючої поверхні, оскільки листки виконували властиві їм функції фотосинтезу *in vivo*, тому їх площа збільшувалася.

На ризогенез відсутність сахарози впливала протилежно. Зменшення розмірів кореневої системи у контрольному варіанті порівняно з варіантами, у яких до середовища додавали сахарозу (10, 20, 30 г/л), пояснюється підвищенням використанням ендогенної сахарози, синтезованої регенерантом, для формування фотоасимілюючих структур.

Дослідження впливу концентрації сахарози на морфогенез регенерантів показало, що найсприятливішими для розвитку кореневої системи є концентрації 1–2 % (10–20 г/л). Вищий вміст сахарози (3 % і більше) сприяв гіпергідратації тканин та утворенню калюсних наростів у базальній частині пагонів, що ускладнювало адаптацію регенерантів (табл. 6).

Таблиця 5 – Характеристика трофічної детермінації ризогенезу регенерантів мигдалю

Показник	Живильне середовище				
	MS	QL	WPM	NAM	NRM
Джорджія					
Початок коренеутворення, доба	45	44	66	39	41
Середня довжина кореня на 45-ту добу спостереження, мм	7	2	-	13	7
Е5 Борозан					
Початок коренеутворення, доба	37	32	43	30	36
Середня довжина кореня на 45-ту добу спостереження, мм	37	41	11	49	40
М 41 Алекс					
Початок коренеутворення, доба	39	42	45	33	38
Середня довжина кореня на 45-ту добу спостереження, мм	31	4	2	46	35
Луїза					
Початок коренеутворення, доба	43	45	59	44	49
Середня довжина кореня на 45-ту добу спостереження, мм	11	2	-	7	-

Таблиця 6 – Вплив концентрації сахарози в штучному живильному середовищі на морфогенез експлантів мигдалю, сорт Джорджія

Показник	Концентрація сахарози, %						
	0 (контроль)	1	2	3	4	5	6
Висота регенерантів, мм	45,4	76,3	86,3	51,2	40,0	36,4	21,6
Довжина кореневої системи, мм	21,4	49,8	57,6	34,4	12,2	-	-
Кількість коренів, шт.	2,1	4,0	3,9	2,8	1,4	-	-
Ширина листкової пластинки, мм	39,7	31,4	32,9	44,3	41,6	30,9	26,6
Довжина листкової пластинки, мм	9,6	6,2	5,7	2,4	1,8	1,5	1,3
Регенерантів із інтенсивним калусоутворенням в базальній частині пагону, %	-	-	-	1,3	19,6	43,6	47,9
Регенерантів з ознаками гіпергідратації, %	-	-	2,1	12,9	35,6	71,4	76,8

У процесі постасептичної адаптації за підвищеної вологості такі калусні утворення, через слабо розвинені оболонки тканин, піддавалися гниттю, що часто призводило до загибелі регенерантів.

Висновки. Підсумовуючи результати досліджень технологічних аспектів індукції коренеутворення у мигдалю в умовах *in vitro* встановлено:

1. ІМК є ключовим детермінантом ризогенезу мигдалю *in vitro*. ІОК та НОК мали меншу ефективність як стимулятори ризогенезу порівняно з ІМК. На фоні 0,125 мг/л 6-бензиламінопурину (БАП) оптимальною концентрацією ІМК для стимуляції коренеутворення була 0,750 мг/л.

2. Тривале культивування донорів експлантів на безгормональному середовищі призводило до поступової втрати їх регенераційного потенціалу. Найбільшу кількість мікропагонів у конгломераті формували сорти Джорджія та Луїза, однак за показником укорінюваності поступалися сортам Е5 Борозан та М 41 Алекс.

3. Оптимальним для стимуляції коренеутворення донорів експлантів виявилось середовище з концентрацією 0,25 мг/л БАП та 1,0 мг/л ІМК. Потомство експлантів, отриманих від донорів, вирощених на цьому середовищі, також мало найвищий рівень укорінення.

4. За вивчення трофічних детермінант встановили, найбільш сприятливим для ризогенезу було середовище NAM – коренеутворення відбувалося у найкоротші терміни, формувалися найдовші корені. Щодо сортових особливостей виявили швидші темпи ризогенезу на усіх живильних середовищах у сорту Е5 Борозан.

5. Щодо вуглецевого живлення встановлено, найсприятливішими для коренеутворення є концентрації сахарози 1–2 % (10–20 г/л). За концентрацій сахарози понад 3 % спостерігалися гіпергідратація тканин та утворення калусних наростів у базальній частині пагонів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мацкевич В.В., Кімейчук І.В., Мацкевич О.В., Шита О.П. Світовий досвід, перспективи в Україні розмноження фундука та мигдалю. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2022. № 1. С. 179–191.
2. Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Олешко О.Г. Фізіологія і біотехнологія рослин. Біла Церква: БНАУ, 2022. 602 с.
3. Філіпова Л.М., Мацкевич В.В., Шита О.П. Трофічні детермінанти онтогенезу регенерантів мигдалю *in vitro*. Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі: матеріали VI всеукраїнської науково-практичної конференції. Умань, 2021. С. 202–204.
4. Шита О.П. Детермінанти розмноження *Prunus dulcis* (mill.) D.a.webb. біотехнологічними методами. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2022. № 2. С. 137–152.
5. Шита О.П., Філіпова Л.М., Мацкевич В.В. Особливості мультиплікації *in vitro* кісточкових культур. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2024. № 1. С. 222–236.
6. Improved *in vitro* rooting of *Prunus dulcis* Mill. cultivars / S. Tereso et al. *Biologia Plantarum*. 2008. 52. P. 437–444. DOI: 10.1007/s10535-008-0088-2.
7. Ainsley P.J., Collins G.G., Sedgley M. *In vitro* rooting of almond (*Prunus dulcis* Mill.). *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant*. 2001. 37. P. 778–785. DOI: 10.1007/s11627-001-0129-4.
8. Effect of Culture Media and Plant Growth Regulators on Shoot Proliferation and Rooting of Internode Explants from Moroccan Native Almond

(*Prunus dulcis* Mill.) Genotypes / S. Kodad et al. International Journal of Agronomy. 2021. 10 p. DOI: 10.1155/2021/9931574].

9. Agrobacterium mediated transformation of almond: in vitro rooting through localized infection of *A. rhizogenes* wt. / C. Damiano et al. Genetic Improvement of Horticultural Crops by Biotechnology. 1994. 392. P. 161–170. DOI: 10.17660/ActaHortic.1995.392.19

10. Biochemical aspects of almond microcuttings related to in vitro rooting ability / E. Caboni et al. Biologia Plantarum. 39. 1997. P. 91–97. DOI: 10.1023/A:1000365224324

11. Koaym W., Twaklana M., AlMattar E. Application of plant tissue culture technique to micropropagation of the most important almond cultivars in Syria. Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation. 2022. 10(3). P. 225–234.

12. Cheong E.J., An C. Effect of Carbohydrates on in vitro Shoot Growth of Various *Prunus* Species. Korean Journal of Plant Resources. 2015. 28(3). P. 357–362. DOI: 10.7732/KJPR.2015.28.3.357

13. Sevde K., Fatih A. CANLI*In vitro Propagation of 'Garnem' (*P. persica* x *P. dulcis*) Rootstock. J Plant Molecular Biology & Biotechnology. 2015. 5(1). P. 25–30. URL: https://www.researchgate.net/profile/Fatih_Canli/publication/286264820_In_vitro_Propagation_of_'Garnem'_P_persica_x_P_dulcis_Rootstock/links/5667699e08aea62726ee8fdf/In-vitro-Propagation-of-Garnem-P-persica-x-P-dulcis-Rootstock.pdf

14. Suleimanova S. Improvement of in vitro rooting of microcuttings some rootstocks of fruit crops. Research in: Agricultural & Veterinary Sciences. 2022. Vol. 6. No 1. P. 22–27. URL: <https://agris.fao.org/search/en/providers/123799/records/647478d4425ec3c088f54be7>

15. Кушнір Г.П., Сарнацька В.В. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика. Київ: Наук. думка, 2005. 270 с.

16. Мікроклональне розмноження рослин / В.В. Мацкевич та ін. Суми, 2023. 215 с.

17. Охорона прав на сорти рослин: бюлетень. Український інститут експертизи сортів. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. Вип. 5. 395 с.

18. Kors F.T.M. Plant cell and tissue culture. Phytopathology. Biochemicals. Catalogue 2010–2012. Duchefa Biochemie B.V. 194 p. URL: http://brochure.duchefa-biochemie.com/Duchefa_catalogus_2010_2012/.

19. 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/.

20. Nas M., Read P. A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts. Scientia Horticulturae. 2004. 101. P. 189–200. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.10.004.

21. Горват А.А., Молнар О.О., Мінкович В.В. Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel: навч. посіб. Ужгород: Видавництво УЖНУ «Говерла», 2019. 160 с.

22. 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.

23. Шита О.П., Філіпова Л.М., Мацкевич В.В. Особливості загальної стратегії живцювання мигдалю *in vitro*: IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та виробництва». Біла Церква: БНАУ, 2024. 215 с.

24. Макрушин М.М., Макрушина Є.М., Петерсон Н.В., Мельников М.М. Фізіологія рослин: підручник. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.

25. Веденичова Н.П., Косаківська І.В. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ: Наш формат, 2017. 200 с.

26. Терек О.І., Пацула О.І. Ріст і розвиток рослин: навч. посіб. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.

27. Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А., Філіпова Л.М. Мікроклональне розмноження окремих видів рослин (протоколи технологій): наук.-практ. посіб. Біла Церква: БНАУ, 2019. 85 с.

28. Peculiarities of determining the morphogenesis of plants *Corylus avellana* L. and *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb *in vitro* culture / V. Matskevych et al. Folia Forestalia Polonica. 2023. Vol. 65. No 1. P. 1–14. DOI: 10.2478/ffp-2023-0001

29. Кобилецька М.С., Терек О.І. Біохімія рослин: навч. посіб. Львів, 2017. 269 с.

30. Фізіологія та біохімія рослин / М.С. Кобилецька та ін. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2023. Т. 1. 378 с.

31. Скляр В.Г. Екологічна фізіологія рослин: підручник / за заг. ред. Ю.А. Злобіна. Суми: Університетська книга, 2015. 271 с.

REFERENCES

1. Matskevich, V., Kimeichuk, I., Matskevich, O., Shita, O. (2022). Svitovyi dosvid, perspektyvy v Ukraini rozmnozhenia funduka ta myhdaliu [Global experience and prospects in Ukraine for the propagation of hazelnut and almond]. Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats [Agrobiology]. Bila Tserkva, BNAU, no. 1, pp. 179–191.

2. Matskevych, V.V., Filipova, L.M., Oleshko, O.H. (2022). Fiziolohiia i biotekhnolohiia roslin [Physiology and biotechnology of plants]. Bila Tserkva, BNAU, 602 p.

3. Filipova, L.M., Matskevych, V.V., Shyta O.P. (2021). Trofichni determinanty ontogenezu rehenerativ myhdaliu *in vitro* [Trophic determinants of ontogenesis of almond regenerants *in vitro*]. Henetyka i selektsiia v suchasnomu ahrokompleksi: materialy VI Vseukrainskoi naukovy-praktychnoi konferentsi [Genetics and breeding in the modern agrocomplex: materials VI All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Uman, pp. 202–204.

4. Shyta, O.P. (2022). Determinanty rozmnozhennia *Prunus dulcis* (mill.) D.a.webb. biotekhnolohichnyu metodamy [Determinants of *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb propagation by biotechnological methods].

Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats [Agrobiology]. Bila Tserkva, BNAU, no. 2, pp. 137–152.

5. Shyta, O.P., Filipova, L.M., Matskevych, V.V. (2024). Osoblyvosti multiplykatsii in vitro kistochkovykh kultur: zbirnyk naukovykh prats. [Peculiarities of in vitro multiplication of stone fruit crops]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. Bila Tserkva, BNAU, no. 1, pp. 222–236.

6. Tereso, S., Miguel, C., Mascarenhas, M., Roque, A., Trindade, H., Maroco, J., Oliveira, M. (2008). Improved in vitro rooting of *Prunus dulcis* Mill. cultivars. *Biologia Plantarum*. no. 52, pp. 437–444. DOI: 10.1007/s10535-008-0088-2.

7. Ainsley, P.J., Collins, G.G., Sedgley, M. (2001). In vitro rooting of almond (*Prunus dulcis* Mill.). In *Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant*. no. 37, pp. 778–785. DOI: 10.1007/s11627-001-0129-4.

8. Kodad, S., Melhaoui, R., Hano, C., Addi, M., Sahib, N., Elamrani, A., Abid, M., Mihamou, A. (2021). Effect of Culture Media and Plant Growth Regulators on Shoot Proliferation and Rooting of Internode Explants from Moroccan Native Almond (*Prunus dulcis* Mill.) Genotypes. *International Journal of Agronomy*. 10 p. DOI: 10.1155/2021/9931574].

9. Damiano, C., Archilietti, T., Caboni, E., Lauri, P., Falasca, G., Mariotti, D., Ferraiolo, G. (1994). Agrobacterium mediated transformation of almond: in vitro rooting through localized infection of *A. rhizogenes* wt. *Genetic Improvement of Horticultural Crops by Biotechnology*. no. 392, pp. 161–170. DOI: 10.17660/ActaHortic.1995.392.19

10. Caboni, E., Tonelli, M., Lauri, P. (1997). Biochemical aspects of almond microcuttings related to in vitro rooting ability. *Biologia Plantarum*. no. 39, pp. 91–97. DOI: 10.1023/A:1000365224324

11. Koaym, W., Twaklana, M., AlMattar, E. (2022). Application of plant tissue culture technique to micropropagation of the most important almond cultivars in Syria. *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation*. no. 10(3), pp. 225–234.

12. Cheong, E.J., An, C. (2015). Effect of Carbohydrates on in vitro Shoot Growth of Various *Prunus* Species. *Korean Journal of Plant Resources*. no. 28(3), pp. 357–362. DOI: 10.7732/KJPR.2015.28.3.357

13. Sevede, K., Fatih, A. (2015). CANLI*In vitro Propagation of 'Garnem' (*P. persica* x *P. dulcis*) Rootstock. *J Plant Molecular Biology & Biotechnology*. no. 5(1), pp. 25–30. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Fatih_Canli/publication/286264820_In_vitro_Propagation_of_'Garnem'_P_persica_x_P_dulcis_Rootstock/links/5667699e08aea62726ee8fdf/In-vitro-Propagation-of-Garnem-P-persica-x-P-dulcis-Rootstock.pdf

14. Suleimanova, S. (2022). Improvement of in vitro rooting of microcuttings some rootstocks of fruit crops. *Research in: Agricultural & Veterinary Sciences*. Vol. 6, no. 1, pp. 22–27. Available at: <https://agris.fao.org/search/en/providers/123799/records/647478d4425ec3c088f54be7>

15. Kushnir, H.P., Sarnatska, V.V. (2005). Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn [Microclonal propagation of plants]. Kyiv, Scientific thought, 271 p.

16. Matskevych, V.V., Kravchenko, N.V., Podhaietskyi, A.A. (2023). Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn [Microclonal propagation of plants]. Sumy, 215 p.

17. Okhorona prav na sorty roslyn: biuleten [Protection of plant variety rights]. Ukrainskyi instytut ekspertyzы sortiv [Ukrainian Institute of Variety Examination]. Vinnytsia, LLC «TVORY», 2020, Vol. 5, 395 p.

18. Kors, F.T.M. Plant cell and tissue culture. *Phytopathology. Biochemicals. Catalogue 2010–2012*. Duchefa Biochemie B.V. 194 p. Available at: http://brochure.duchefa-biochemie.com/Duchefa_catalogus_2010_2012/.

19. Murashige, T., Skoog, F. (1962). A 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/.

20. Nas, M., Read, R. (2004). A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts. *Scientia Horticulturae*. no. 101, pp. 189–200. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.10.004.

21. Horvat, A.A., Molnar, O.O., Minkovych, V.V. (2019). Metody obrobky eksperymentalnykh danykh z vykorystanniam MS Excel: navch. posib. [Methods of processing experimental data using MS Excel]. Uzhhorod, Publishing House of Uzhhorod National University "Hoverla", 160 p.

22. Matskevych, V.V. (2020). Mikroklonalne rozmnozhenia vydiv roslyn in vitro ta yikh postaseptychna adaptatsiia: dys. d-ra s.-h. nauk: 06.01.05 [Microclonal propagation of plant species in vitro and their postaseptic adaptation: diss. Dr. of agricultural Sciences: 06.01.05]. Sumy, 478 p.

23. Shyta, O.P., Filipova, L.M., Matskevych, V.V. (2024). Osoblyvosti zahalnoi stratchii zhyvtsiuvannia myhdaliu in vitro: IV Mizhnarodna nauko-vo-praktychna internet-konferentsiia «Suchasni vyklyky i aktualni problemy lisivnychoi osvity, nauky ta vyrobnytstva» [Features of the general strategy of in vitro grafting of tonsils: IV International Scientific and Practical Internet Conference "Modern Challenges and Topical Problems of Forestry Education, Science and Production"]. Bila Tserkva, BNAU, 215 p.

24. Makrushyn, M.M., Makrushyna, Ye.M., Petyerson, N.V., Melnykov, M.M. (2006). Fiziolohiia roslyn: pidruchnyk [Plant physiology]. Vinnytsia, New book, 416 p.

25. Vedenychova, N.P., Kosakivska, I.V. (2017). Tsytokininy yak rehulatory ontogenezu roslyn za riznykh umov zrostannia [Cytokinins as regulators of plant ontogenesis under different growth conditions]. Kyiv, Our format, 200 p.

26. Terek, O.I., Patsula, O.I. (2011). Rist i rozvytok roslyn: navch. posib. [Growth and development of plants]. Lviv, LNU named after Ivan Franko, 328 p.

27. Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.A., Filipova, L.M. (2019). Mikroklonalne rozmnozhenia okremykh vydiv roslyn (protokoly tekhnolohii): nauk.-prakt. posib. [Microclonal propagation of

selected plant species (technology protocols)]. Bila Tserkva, BNAU, 85 p.

28. Matskevych, V., Yukhnovskyi, V., Kimeichuk, I., Matskevych, O., Shyta, O. (2023). Peculiarities of determining the morphogenesis of plants *Corylus avellana* L. and *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb *in vitro* culture. *Folia Forestalia Polonica*. Vol. 65, no. 1, pp. 1–14. DOI: 10.2478/ffp-2023-0001

29. Kobyletska, M.S., Terek, O.I. (2017). *Biokhimiia roslyn: navch. posib.* [Biochemistry of plants]. Lviv, 269 p.

30. Kobyletska, M.S., Patsula, O.I., Romaniuk, N.D., Terek, O.I., Baranov, V.I., Mamchur, O.V. (2023). *Fiziologhiia ta biokhimiia roslyn* [Plant physiology and biochemistry]. Lviv, Vol. 1, LNU im. Ivana Franka, 378 p.

31. Skliar, V.H. (2015). *Ekolohichna fiziologhiia roslyn: pidruchnyk* [Ecological plant physiology]. Sumy, University book, 271 p.

Induction of rhizogenesis in *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb by nutritional and hormonal determinants

Shyta O., Filipova L., Matskevych V.

Almond (*Prunus dulcis*) is one of the promising nut-bearing crops capable of mitigating climate risks to achieve sustainable development goals and prevent threats to agroecological and food security. For the rapid propagation of high-quality planting material, microclonal propagation is the most suitable method, carried out under controlled conditions in four stages. The success of rhizogenesis (one of the stages) determines further survival of regenerants during the adaptation phase. The study was carried out under

standard conditions in the interdepartmental plant biotechnology laboratory of BNAU. Explants of four domestic sweet almond cultivars («E5 Borozan», «M 41 Alex», «Georgia», «Louise») were used in the research. We studied the influence of nutritional and hormonal determinants on sweet almond rhizogenesis. The results demonstrate varietal specificity of almond reactions to auxin type, phytohormones ratio, and other technological determinants. The study of the effect of synthetic auxin analogues (indolebutyric, indoleacetic, naphthylacetic acids) on the induction of rhizogenesis has established that the optimal conditions for root formation are the use of indolebutyric acid at a concentration of 0.75 mg/l in combination with 0.125 mg/l BAP. The concentration of sucrose (1–2 %) promotes the formation of a developed root system and improves the biometric indicators of regenerants. Higher sucrose concentrations led to tissue hyperhydration and callus formation, complicating plant adaptation. The effect of mesoinositol and activated charcoal was also studied, revealing that moderate concentrations improved root formation. The optimal conditions were determined to be the addition of 2% sucrose and 1.0–1.5 g/L of activated charcoal.

Therefore, the research results showed that the effectiveness of sweet almond rhizogenesis *in vitro* depends on many factors, among which the type of explant, the hormonal ratio in the medium, and its trophic composition. Optimization of these parameters at the stage of rhizogenesis is key to increasing productivity in microclonal propagation of this crop.

Keywords: rhizogenesis, *in vitro*, almond, phytohormones, nutrient medium, rooting, sucrose.



Copyright: Шита О.П., Філіпова Л.М., Мацкевич 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:

Шита О.П.

Філіпова Л.М.

Мацкевич В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6470-2744>

<https://orcid.org/0000-0002-7447-5418>

<https://orcid.org/0000-0002-9314-8033>



АГРОНОМІЯ

УДК 634.23; 631.52

**Характерні особливості розтріскування
поверхні плодів черешні****Шубенко Л.А.¹ , Леус В.В.² ,
Муленок Я.О.² , Донченко В.С.¹***Білоцерківський національний аграрний університет**Державний біотехнологічний університет*

Шубенко Л.А. Lidia.shubenko@btsau.edu.ua



Шубенко Л.А., Леус В.В., Муленок Я.О.,
Донченко В.С. Характерні особливості
розтріскування поверхні плодів черешні.
«Агробіологія», 2025. № 1. С. 210–220.

Shubenko L., Leus V., Mulenok Ya.,
Donchenko V. Characteristic features of
cracking of sweet cherry fruit surface.
«Agrobiologiya», 2025. no. 1, pp. 210–220.

Рукопис отримано: 28.01.2025 р.

Прийнято: 12.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-210-220

Розтріскування плодів черешні під час дощу призводить до значних економічних наслідків. Рівень розтріскування може сягати 100 % втрат, що зробить урожай непридатним для реалізації. Зрозумівши причину пошкодження, виробники зможуть отримувати врожаї якісних плодів черешні. Виведення високо-стійких до розтріскування сортів є основною метою більшості селекційних програм. У статті наведено результати дослідження розтріскування плодів сортів черешні різних строків достигання. У дослідженні використали плоди 12 сортів черешні вітчизняної селекції. Плоди у знімальній стиглості розміщували в ємності із дистильованою водою та витримували певний відрізок часу. Після 6-, 12- і 24-годинної експозиції визначали плоди що розтріскалися, а також встановлювали характерне пошкодження тріщинами для кожного сорту. На плодах із розтріснутою шкіркою встановлювали тип пошкодження, умовно поділивши на: біля плодоніжки, збоку і навколо верхівки плоду. В результаті спостережень розтріскування плодів черешні вдалося визначити особливості пошкоджень кожного сорту. Пошкодження типів А і В неглибоке і до повного достигання плоду може загоюватися, тимчасом пошкодження типу С глибоке, часто аж до кісточки, що й спричинює загнивання плодів. Спостереження дали змогу встановити, що для ранньостиглих сортів характерним було розтріскування збоку плоду. Плоди середньостиглих сортів розтріскувалися переважно за типом – навколо верхівки плоду. Для пізньостиглих сортів рівною мірою характерне розтріскування біля плодоніжки та навколо верхівки плоду. Проведений кореляційний аналіз впливу окремих біологічних складових плоду на стійкість шкірки до розтріскування. Встановлено обернену залежність від довжини плодоніжки, вмісту сухих розчинних речовин в плодах і масової частки кісточки. В загальному результаті серед досліджуваних сортів різних строків достигання, можна стверджувати, що найбільш стійкими до розтріскування виявилися плоди сортів ‘Млівська жовта’, ‘Міраж’, ‘Меотіда’ й ‘Амазонка’.

Ключові слова: черешня, стійкість до розтріскування, особливості пошкодження поверхні плоду, довжина плодоніжки, масова частка кісточки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Розтріскування черешні – складне явище, з виникненням якого пов'язано кілька чинників. Сорт, підщепа, умови вирощування, наявність зрошення, розмір плодів, щільність м'якоті, товщина та еластичність шкірки і стадія розвитку плодів – одні з найчастіших чинників, що впливають на виникнення цієї проблеми.

Розтріскування плодів відбувається внаслідок низки хімічних чинників (наприклад, складу воску для кутикули), морфологія (кутикулярні переломи), фізіологія (наприклад, поляризованість метаболічних шляхів, пов'язаних з розтріскуванням черешні), а також відносна вологість повітря, вплив регуляторів росту рослин, стан поживних речовин і водного режиму дерев. Щоб уникнути або мінімізувати розтріскування, необхідно знати зазначені вище чинники та їх взаємодію [1].

Основною причиною розтріскування є поглинання шкіркою плодів дощової води, роси чи туману (поява мікротріщин біля плодоніжки). Тріщини з'являються на верхівці плодів у місці звисання крапель води, що характерно для сорту 'Лапінз'. Плоди тріскають в місцях, які найдовше були мокрими, або де ввібралася зайва волога. Інша причина тріскання плодів – швидке надмірне поглинання води кореневою системою дерева, здебільшого, через сильний дощ після посухи (спостерігаються великі тріщини на боці плоду). Після тривалих дощів перед збиранням урожаю більше плодів тріскає біля плодоніжки вгорі, а одноденний дощ під час тривалої сухої погоди провокує появу тріщин на боці плоду [2, 3]. З огляду на різні чинники, використовують кілька способів запобігання розтріскуванню. Насамперед підбирають стійкі до розтріскування сорти, враховуючи товщину шкірки, кількість продихів на одиниці площі його поверхні, щільність м'якоті і термін дозрівання тощо [4, 5].

До сьогодні дослідження з розтріскування дощем були зосереджені на відкладенні кутикули [6], мікрокрекінгу кутикули [7], аналізі стресу та деформації в шкірці [8, 9], механічних властивостях шкіри [10, 11], механізмах і шляхах руху води через шкіру [12] та через судинну систему від дерева [13].

Розтріскування вишні включає механічне пошкодження епідермісу плоду і може бути класифіковане відповідно до розміру цих тріщин. 1. Мікротріщини – це тріщини, які уражують лише окремі клітини кутикули плоду і непомітні неозброєним оком. Вважається, що макротріщини розвиваються з мікротрі-

щин [14]. Однак, недостатньо інформації про заключний етап процесу макрокрекінгу – ініціювання та поширення цих видимих тріщин на шкірі. Проблеми, пов'язані з цим типом розтріскування, проявляються під час зберігання, оскільки, підвищуючи водонепроникність плодів, вони зумовлюють швидке зневоднення і полегшують проникнення хвороботворних мікроорганізмів, що спричинюють гниття. 2. Макротріщини – це глибокі тріщини, видимі неозброєним оком, які проникають в усі шари епідермісу аж до підшкірних клітин пульпи. Цей вид пошкодження робить плоди непридатними для продажу. 3. Це тріщини, що виникають на ранній стадії розвитку плодів (які зазвичай закупорюються і ущільнюються до дозрівання плодів) – зменшують товарний вигляд та ринкову вартість плодів [15].

Форма плодів може відігравати важливу роль у розтріскуванні плодів вишні. Зразки з плодами серцевидної форми мають більше заглиблення навколо плодоніжки, і краплі дощу можуть залишатися там довше, даючи можливість більшого поглинання води через шкіру. Це означає, що якщо сорт генетично детермінований (на основі структури і товщини кутикули та вмісту цукру) для помірної стійкості до розтріскування та має серцевидну форму, висока ймовірність того, у плодів буде розтріскування навколо плодоніжки [16].

Щоб краще зрозуміти феномен розтріскування, необхідно знати фази розвитку плоду. Перша фаза характеризується швидким збільшенням величини плоду. Друга збігається з клітинною диференціацією, тривалість якої залежить від сорту (ранній або пізній). Остання передбачає подальше зростання об'єму плоду, і включає приблизно від десяти до двадцяти діб до повного дозрівання. Період найбільшої чутливості до розтріскування відбувається в момент забарвлення і переходу до дозрівання плодів за наявності вологи або сильних дощів [17].

Характеристика плоду також відіграє важливу роль у стійкості до розтріскування, наприклад, розмір плоду, його форма, щільність, вміст цукру і характеристики епідермісу (еластичність і вміст воску). Плоди більшого розміру і з більш твердою м'якоттю є сприйнятливішими до розтріскування [18], як і плоди з високим вмістом цукру [13]. Конформація епідермісу плоду також досить важлива, адже кутикула припиняє свій ріст, тимчасом м'якоть продовжує збільшувати свій об'єм навіть на останніх стадіях дозрівання [19].

Останніми роками, працюючи здебільшого з черешнею, було досягнуто значного прогресу в розумінні механічної основи розтріскування – глибоких макротріщин, які розривають шкірку і проникають глибоко в м'якоть. Такі макротріщини піддають внутрішню частину плоду швидкій і катастрофічній деградації.

Розтріскування плодів черешні тісно пов'язане з вибором сорту. Наразі дуже мало сортів з певною стійкістю до розтріскування, серед них 'Регіна', 'Кордія' та 'Лапінс', що мають середню толерантність, тимчасом більшість культивованих сортів дуже чутливі до цієї фізіопатії [20].

За сприйнятливістю до розтріскування певні сорти можна поділити на: сприйнятливість більше 40 % – 'Нью Стар', 'Гарнет', 'Сем', 'Сільвіа'; сприйнятливість 40–20 % – 'Селесте', 'Бінг', 'Ламберт', 'Лейт Марія'; сприйнятливість 20–10 % – 'Самміт', 'Ван Самберст'; помірна 10 % – 'Лапінз', 'Світ Харт'; підвищена стійкість – 'Кордія', 'Регіна' [21].

У літературі описано три типи тріщин: навколо плодоніжки, апікальні і бічні. Ушкодження, що належать до перших двох категорій проявляються у плодах до зміни кольору. Ці ушкодження можуть зажити, якщо вони відбуваються в момент зміни кольору, тимчасом за повного дозрівання, тканини не в змозі реагувати, і пошкодження не загоюються. З іншого боку, пошкодження на плодах забезпечують доступ і поширення патогенних мікроорганізмів, таких як моніліоз, сіра гниль і ризопус. Третій тип, глибокі тріщини, що поширюються на основну частину плоду в будь-якому напрямку і часто проникають глибоко від поверхні до кісточки, є найбільш шкідливим, як фізично, так і економічно. Невеликі тріщини в основі та верхівковому кінці плодів можуть виникати або на дуже ранній стадії або за багато діб до дозрівання плодів та збору врожаю [22].

Дослідження, проведені різними вченими, показують, що тип розтріскування не може бути вираженням окремого процесу, а скоріше може бути проявом різних шляхів поглинання води [23, 18].

Типи утворення тріщин можуть залежати від конкретного етіологічного чинника та форми плодів. Однак проблему можна значною мірою звести до мінімуму, знаючи причину і, відповідно, застосовуючи певні методи, серед яких головне значення мають регулювання зрошенням, захисні накриття насаджень та мінеральні добрива.

Більшість розтріскувань плодів пояснюється прямим чи локальним поглинанням води через шкірку плодів, менша частка плодів розтріскується, навіть коли насадження повністю захищені дощовими укриттями. Хоча багато дослідників займалися цим складним явищем, основні механізми розтріскування плодів залишаються незрозумілими [24, 25].

Метою досліджень було визначити тип розтріскування шкірки плодів черешні залежно від сорту та тривалості змочення водою поверхні плодів. За допомогою лабораторних досліджень встановити стійкість плодів черешні до розтріскування піддаючи їх періодичному зануренню у дистильовану воду.

Матеріал і методи дослідження. Об'єктами досліджень були плоди черешні вітчизняних сортів різних строків досягання: ранньостиглі – 'Дар Млієва', 'Зоряна', 'Мліївська жовта', середньостиглі – 'Аборигенка', 'Альонушка', 'Міраж', 'Мелітопольська крупчаста', 'Меотіда', пізньостиглі – 'Аборигенка', 'Бірюза', 'Донецький угольок', 'Дрогана жовта'. Лабораторні дослідження проводили впродовж трьох років на кафедрі генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур БНАУ.

Попередньо були розраховані індекси розтріскування плодів черешні [25]. Плоди збирали за досягнення товарної зрілості за кольором, відбирали без дефектів та однорідні за кольором і розміром. П'ятдесят плодів з плодоніжкою були занурені в 2 л контейнери, наповнені водою (20 ± 1 °C) на 6; 12; 24 години. Після 6-, 12- і 24-годинної експозиції визначали плоди що розтріскалися, а також встановлювали характерне пошкодження тріщинами для кожного сорту. Індекси розтріскування розраховували за такою формулою:

$$(24a + 12b + 6c) \times 150/100,$$

де a, b і c – кількість тріснутих плодів через 6, 12 і 24 години відповідно; загальна кількість занурених плодів = 50; максимальне розтріскування, $50 \times 3 = 150$. Пошкодження умовно ділили на типи: А – біля плодоніжки; В – навколо верхівки плоду; С – збоку плоду.

Для визначення щільності плодів користувалися напівавтоматичним приладом із самописцем КСТ-4 та пристроєм навантаження з тензорезисторними датчиками і плунжером діаметром 6 мм з автоматичним контролем глибини його входження в зразок [25]. Перед визначенням щільності шкірку з плодів черешні не видаляли. Товщину шкірки плоду визначали мікрометром.

Результати дослідження та обговорення. Під час спостережень за розтріскуванням плодів черешні вдалося визначити особливості пошкоджень кожного сорту.

Пошкодження типів А і В було неглибоким і могло загоюватися, тимчасом пошкодження типу С глибоке, часто аждо кісточки, що й спричинювало навіть загнивання плодів. Для ранньостиглих сортів (рис. 1) більш характерним було розтріскування збоку плоду (70–100 %), менше розтріскувалися плоди біля плодоніжки

ки (30–40 %). Крім того, 100 % плодів сорту ‘Зоряна’ розтріскувалися лише збоку.

Плоди сорту ‘Мліївська жовта’ практично порівну розтріскувалися навколо плодоніжки і біля верхівки. Плоди сорту ‘Дар Млієва’ більше розтріскувалися збоку, ніж навколо плодоніжки.

У групі середньостиглих сортів розтріскування біля плодоніжки спостерігалось лише для сорту ‘Міраж’, частка якого становила 100 % (рис. 2).

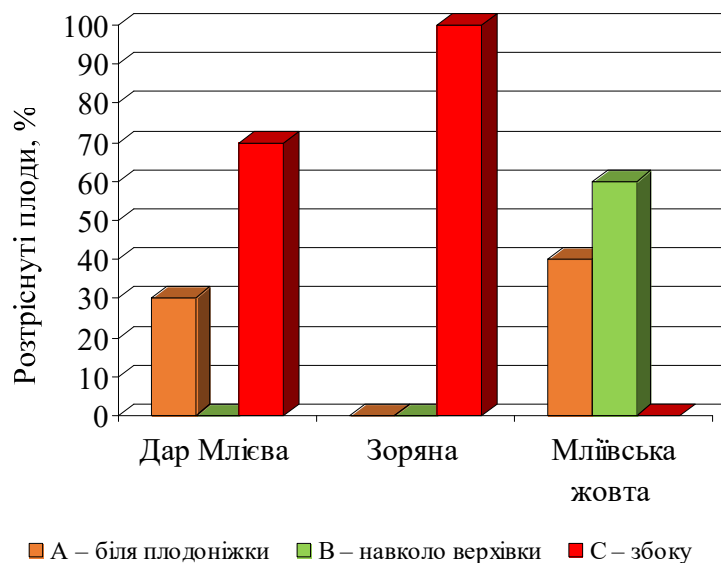


Рис 1. Особливості розтріскування плодів ранньостиглих сортів черешні, (середнє за 2021–2023 рр.).

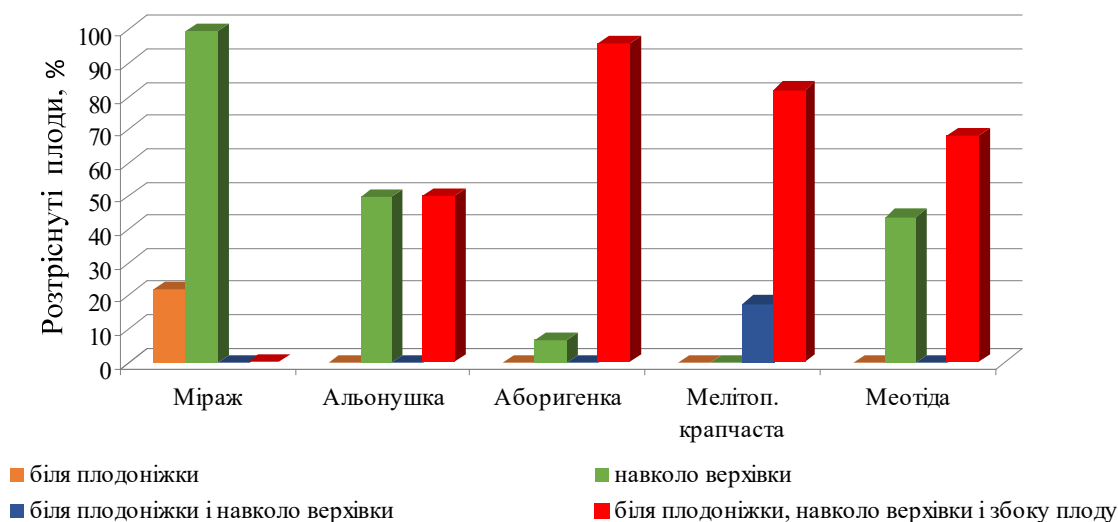


Рис 2. Особливості розтріскування плодів середньостиглих сортів черешні, (середнє за 2021–2023 рр.).

Незначна частина плодів середньостиглих сортів пошкоджувалася навколо верхівки, найбільше сорт ‘Альонушка’ (50 %), а найменше – ‘Аборигенка’ (4 %). Для середньостиглих сортів характерним було пошкодження плодів одночасно біля плодоніжки та навколо верхівки (17–96 %). У сортів ‘Альонушка’ і ‘Мелітопольська крапчаста’ більше розтріскувалися плоди одночасно за усіма трьома типами пошкоджень, що становило, відповідно 50 і 83 %.

У пізньостиглих сортів (рис. 3) розтріскування збоку плоду не зафіксоване, воно відбувалося здебільшого одночасно біля плодоніжки і навколо верхівки (35–100 %). Незначна частина плодів розтріскувалася навколо верхівки, а для сорту ‘Донецький уголок’ відбувалося пошкодження і біля плодоніжки.

В результаті спостережень встановлено, що в несприятливих умовах для сорту ‘Бірюза’ характерним було 100 % розтріскування одночасно біля плодоніжки і навколо верхівки, а також для сорту ‘Амазонка’ (87 %). Для сорту ‘Донецький уголок’ плоди значною мірою розтріскувалися навколо верхівки (48 %) та одночасно біля плодоніжки і навколо верхівки (35 %). Плоди сорту ‘Дрогана жовта’ розтріскувалися переважно біля плодоніжки (62 %).

Незалежно від зовнішніх умов, для кожного помологічного сорту розтріскування плодів відбувалося за характерним типом.

Ранньостиглі сорти виявляють схильність до розтріскування плодів за типом С – збоку; для середньостиглих характерним є розтріскування за типом В – навколо верхівки; для пізньостиглих – за двома типами одночасно – АВ – біля верхівки та навколо плодоніжки.

Як відомо [19], плоди черешні за біологічними особливостями та щільністю м'якоті поділяють на два основні типи – бігаро і гіні. Твердість плодів має значення для їх товарності. Оптимальна твердість також сприяє резистентності до фізіологічних порушень (розпад м'якоті плодів, утворення ямок) та гнилі у процесі зберігання.

З метою встановлення щільності м'якоті плодів черешні проведені дослідження по визначенню максимального рівня навантаження на плоди сортів черешні.

Плоди досліджуваних ранньостиглих сортів мали приблизно однакову щільність м'якоті – у межах 0,236–0,298 кг/см² (табл. 1). Дещо вищою щільністю характеризувалися плоди сорту ‘Зоряна’, а найбільш ніжна м'якоть була притаманна сорту ‘Мліївська жовта’. Для впровадження сорту у виробництво саме ніжна м'якоть є обмежуючим чинником, що найбільш негативно проявляється під час збирання й транспортування свіжих плодів. Загалом, плоди усіх досліджуваних ранньостиглих сортів мали спільний недолік – недостатню хрящуватість м'якоті.



Рис 3. Особливості розтріскування плодів пізньостиглих сортів черешні, (середнє за 2021–2023 рр.).

Таблиця 1 – Якісні характеристики плодів черешні різних строків достигання, (середнє за 2021–2023 рр.)

Помологічний сорт	Щільність плодів, кг/см ²	Довжина плодоніжки, см	Частка кісточки у загальній масі плоду, %	Середня маса плоду, г
Ранньостиглі сорти				
Дар Млієва	0,274	4,29	6,7	6,8
Зоряна	0,298	4,71	6,3	7,3
Мліївська жовта	0,236	4,11	5,2	6,9
Середньостиглі сорти				
Міраж	0,377	3,95	5,6	8,1
Альонушка	0,696	3,87	6,2	7,1
Аборигенка	0,913	4,71	7,7	5,9
Мелітопольська крапчаста	0,951	3,84	4,5	9,7
Меотіда	0,684	3,98	6,1	7,1
Пізньюстиглі сорти				
Бірюза	1,257	4,58	7,5	5,5
Донецький угольок	0,965	4,24	6,7	6,1
Дрогана жовта (к)	1,236	4,17	7,2	5,0
Амазонка	1,046	4,65	6,8	5,7
НІР ₀₅	0,526	0,24	0,2	1,2

Порівняно із ранньостиглими, середньостиглі сорти мали вищу щільність. Особливо вирізнявся сорт ‘Мелітопольська крапчаста’, плоди якого без помітних пошкоджень витримували навантаження до 0,951 кг/см². Плоди сорту ‘Аборигенка’ теж мали високий показник щільності м’якоті, який лише на 0,013 кг/см² поступався сорту ‘Мелітопольська крапчаста’.

Водночас важливим господарсько-біологічним показником є товщина шкірки плоду, яка має значний вплив на зменшення пошкодження м’якоті під час збирання врожаю, розтріскування плодів у дощову погоду, а також впливає на оцінку зовнішнього вигляду плодів.

В результаті досліджень у сортів черешні раннього строку достигання найбільша товщина шкірки була в плодів сорту ‘Зоряна’ (рис. 4), що мала переваги з огляду на товарність та привабливість зовнішнього вигляду під час реалізації свіжої продукції.

У групі середньостиглих сортів максимальною товщиною шкірки характеризувалися плоди сорту ‘Аборигенка’, що перевищувало решту сортів на 0,0438–0,1162 мм.

Найменша товщина шкірки була у плодів сорту ‘Міраж’, однак це не впливало на ступінь розтріскування та товарний вигляд плодів.

Плоди пізньюстиглих сортів черешні мали відносно однакову товщину шкірки, розмір якої коливався в середньому від 0,0723 для сорту ‘Дрогана жовта’ до 0,1132 мм для сорту ‘Амазонка’.

Загалом, серед досліджуваних сортів найменша товщина шкірки була у плодів середньостиглого сорту ‘Міраж’ і найбільша – у середньостиглого сорту ‘Аборигенка’.

Кореляційним аналізом встановлено, що стійкість плодів до розтріскування залежить від низки чинників. Обернена залежність отримана від довжини плодоніжки. Виявилось, що із збільшенням довжини плодоніжки біля плоду кількість тріснутих плодів зростала, коефіцієнт кореляції становить $r = -0,91+0,19$ (рис. 5). Такий результат пояснюється тим, що плоди з довгою плодоніжкою менш захищені й піддаються змочуванню більш тривалий час, ніж плоди з короткою плодоніжкою, оскільки розміщуються ближче до листка, який захищає їх від надмірного змочування.

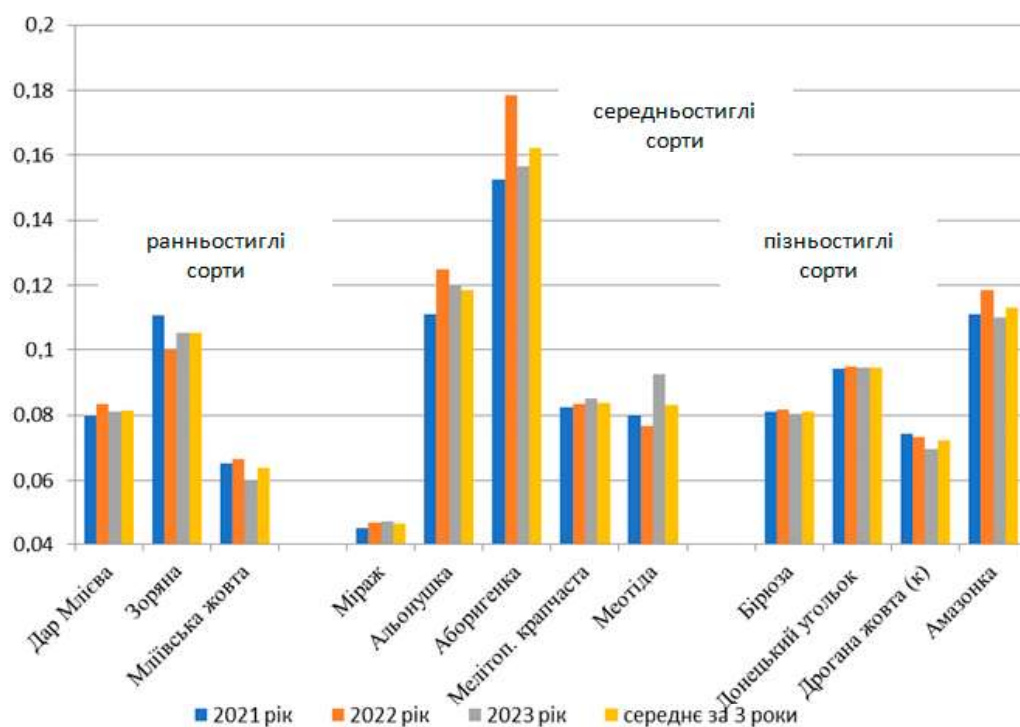


Рис 4. Товщина шкірки плоду черешні різних строків досягання, мм.

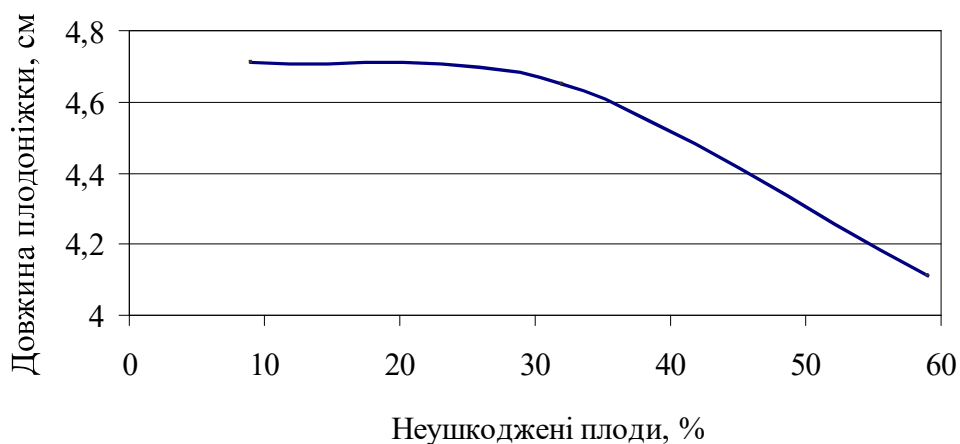


Рис 5. Розтріскування плодів черешні залежно від довжини плодоніжки.

Високий вплив проявляє також частка кісточки відносно маси плоду. У результаті кореляційного аналізу визначена обернена залежність: із збільшенням величини кісточки плоду кількість пошкоджених плодів зменшується, коефіцієнт кореляції $r = -0,70 \pm 0,15$ (рис. 6).

Загалом можна зауважити, що найбільш стійкими до розтріскування виявилися сорти

‘Млівська жовта’, ‘Міраж’, ‘Меотіда’ й ‘Амазонка’.

Відмінності між сортами в сприйнятливості до розтріскування значні, однак немає жодного сорту повністю стійкого до цієї проблеми [26, 27]. Виведення високоякісних стійких до розтріскування сортів та ідентифікація генів, що беруть участь в стійкості, є основною метою більшості селекційних програм.

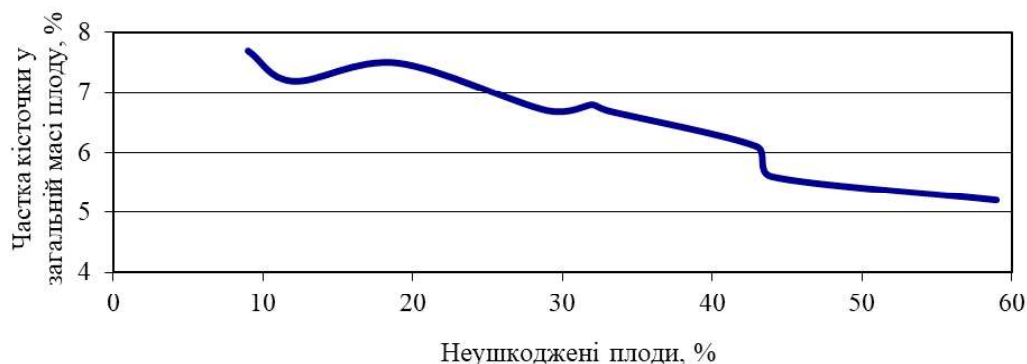


Рис 6. Розтріскування плодів черешні залежно від масової частки кісточки.

Аналогічний результат отриманий щодо зв'язку із вмістом в плодах сухих розчинних речовин: за збільшення показника кількість плодів зменшувалася, коефіцієнт кореляції $r = -0,7 + 0,13$.

Отже, за вмісту сухих розчинних речовин у плодах сортів 'Альонушка' і 'Аборигенка' в межах 17–19 % кількість непошкоджених водою плодів становила 9 % у 'Аборигенки', на противагу в сорту 'Альонушка' цілих плодів не залишилося.

Останнє можна пояснити тим, що збільшення в плодах вмісту сухих розчинних речовин спричинює зростання внутрішнього тurgору, в результаті чого клітини більше насичуються вологою й шкірка плодів, не витримуючи тиск розтріскується.

Висновок. Проблема розтріскування черешні через дощ – складне явище, на розвиток якого впливає значна кількість чинників. Незважаючи на різні альтернативи, доступні завдяки методам вирощування культури, розтріскування і раніше являло собою обмежуючий фактор для комерційного виробництва в районах, де в період збору врожаю йдуть дощі. Посадка стійких сортів є одним із найкращих варіантів зниження втрат, пов'язаних з цією проблемою. Тому пошук нових сортів з більшою стійкістю залишається пріоритетним завданням селекційних програм.

За результатами дослідження, робимо загальний висновок, що стійкість до розтріскування, прояв якого визначався помологічним сортом, знаходилася у зворотній залежності від вмісту в плодах сухих розчинних речовин, відносної маси кісточок і довжини плодоніжки. Плоди сортів черешні більше схильні до розтріскування в ділянці кріплення плодоніжки, навколо верхівки та за всіма типами

пошкоджень одночасно. Висока стійкість плодів до розтріскування виявлена у сортів 'Мліївська жовта', 'Міраж', 'Меотіда' й 'Амазонка'.

Використання технологій, що дозволять краще зрозуміти механізм, причини або генетичні чинники, які впливають на розтріскування плодів черешні, можуть бути корисними за розробки прийомів для відбору сортів з толерантністю до цієї проблеми.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Knoche M., Measham P.F. The permeability concept: a useful tool in analyzing water transport through the sweet cherry fruit surface. *Acta Horticulturae: VII International Cherry Symposium*. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.59
2. Knoche M., Winkler A. The mechanism of rain cracking of sweet cherry fruit. *Italus Hortus*. 2019. 26 (1). P. 59–65. DOI: 10.26353/j.itahort/2019.1.5965
3. "Cracking": fattori predisponenti e tecniche di prevenzione / S. Correia et al. *Frutticoltura* – n. 3. 2019. P. 28–36.
4. Winkler A., Peschel S., Kohrs K., Knoche M. Rain cracking in sweet cherries is not due to excess water uptake but to localized skin phenomena. *J Am Soc Hortic Sci*. 2016. 141. P. 653–660.
5. Features of the Assimilation Surface of Sweet Cherry Trees of Different Ripening Terms / L.A. Shubenko et al. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. 23(4). P. 101–106. DOI: 10.12912/27197050/150253
6. Winkler A., Fiedler B., Knoche M. Calcium physiology of sweet cherry fruits. 2020. P. 1157–1167. DOI: 10.1007/s00468-020-01986-9
7. Brüggewirth M., Winkler A., Knoche M. Xylem, phloem, and transpiration flows in developing sweet cherry fruit. 2016. P. 1821–1830. DOI: 10.1007/s00468-016-1415-4
8. Versatile high resolution oligosaccharide microarrays for plant glycobiology and cell wall research / H.L. Pedersen et al. *J Biol Chem*. 2012. 287 p.

9. Knoche M., Lang A. Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *CRC Crit Rev Plant Sci.* 2017. 36. P. 190–215.
10. Knoche M., Grimm E., Schlegel H.J. Mature sweet cherries have low turgor. *J Am Soc Hortic Sci.* 2014. 139. P. 3–12.
11. Shubenko L.A. Ustoychivost plodov cheresni k rastreskivaniyu. Issues of practice and science. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference. London, Great Britain. 2021. P. 23–25.
12. Grimm E., Knoche M. Sweet cherry skin has a less negative osmotic potential than the flesh. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* 2015. 140. P. 472–479. DOI: 10.21273/JASHS.140.5.472
13. Shubenko L., Shoh S., Pavlichenko A. Content of dry soluble substances in cherries. Problems and tasks of modern science and practice. Abstracts of IX International Scientific and Practical Conference. Bordeaux, France. 2021. P. 18–19.
14. Sweet cherry flesh cells burst in non-random clusters along minor veins / T. Brinkmann et al. *Planta.* 2022. 255. 100 p. DOI: 10.1007/s00425-022-03882-7
15. Bound S.A., Close D.C., Measham P.F., Whiting M.D. Regulating crop load of ‘Sweetheart’ and ‘Van’ sweet cherry for optimal quality and reduced risk of cracking. *Acta Scientiarum.* 2017. Issue 1161. P. 91–95. DOI: 10.17660/Acta Hortic.2017. 1161.16
16. Water potential and its components in developing sweet cherry / C. Schumann et al. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* 2014. 139. P. 349–355. DOI: 10.21273/JASHS.139.4.349
17. Crack initiation and propagation in sweet cherry skin: A simple chain reaction causes the crack to «run» / C. Schumann et al. *PLoS ONE.* 2019. 14(7). e0219794. DOI: 10.1371/journal.pone.0219794
18. Вміст основних хімічних елементів у плодах черешні різних строків достигання / Л.А. Шубенко та ін. *Агробіологія: збірник наукових праць.* 2021. № 1 (162). Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 168–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-173-179
19. Winkler A., Knoche M. Calcium and the physiology of sweet cherries: A review. *Scientia Horticulturae.* 2019. 245. P. 107–115. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.10.012
20. Winkler A., Knoche M. Penetration of sweet cherry skin by ⁴⁵Ca-salts: pathways and factors. 2021. 11142. DOI: 10.1038/s41598-021-90727-0
21. Knoche M., Lang A. Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 2017. 36(3). P. 190–215.
22. A comprehensive study of hygroscopic properties of calcium- and magnesium-containing salts: Implication for hygroscopicity of mineral dust and sea salt aerosols / L.Y. Guo et al. *Atmos. Chem. Phys.* 2019. P. 2115–2133. DOI: 10.5194/acp-19-2115-2019
23. Erogul D. Effect of Preharvest Calcium Treatments on Sweet Cherry Fruit Quality. *Not Bot Horti Agrobo.* 2014. 42(1). P. 150–153.
24. Winkler A., Grimm E., Knoche M. Sweet Cherry Fruit: Ideal Osmometers? *Front. Plant Sci.* 2019. 10. 164 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00164
25. Bilgener Ş., Demirsoy L., Demirsoy H. The effects of vapor gard, GA3 and calcium hydroxide applications on fruit cracking in ‘Türkoğlu’ sweet cherry. Etkilerinin araştırılması. III. National Horticultural Congress, Turkey. 1999. P. 828–832.
26. Winkler A., Knoche M. Calcium uptake through skins of sweet cherry fruit: Effects of different calcium salts and surfactants. *Sci. Hortic.* 2021. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109761
27. Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine / L. Shubenko et al. *Scientific Horizons.* 2021. 24 (7). P. 61–67. DOI: 10.48077/scihor.24(7).2021.61-67

REFERENCES

1. Knoche, M., Measham, P.F. The permeability concept: a useful tool in analyzing water transport through the sweet cherry fruit surface. *Acta Horticulturae: VII International Cherry Symposium.* DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.59
2. Knoche, M., Winkler, A. (2019). The mechanism of rain cracking of sweet cherry fruit. *Italus Hortus.* no. 26 (1), pp. 59–65. DOI: 10.26353/j.ita-hort/2019.1.5965
3. Correia, S., Schouten, R., Silva, A.P., Gonçalves, S.B., BerGonzoni L. (2019). “Cracking”: fattori predisponenti e tecniche di prevenzione. *Frutticoltura.* no. 3, pp. 28–36.
4. Winkler, A., Peschel, S., Kohrs, K., Knoche, M. (2016). Rain cracking in sweet cherries is not due to excess water uptake but to localized skin phenomena. *J Am Soc Hortic Sci.* no. 141, pp. 653–660.
5. Shubenko, L.A., Shokh, S.S., Pavlichenko, A.A., Karpuk, L.M., Prymak, I.D., Filipova, L.M., Titarenko, O.S., Strutynska, Y.V. (2022). Features of the Assimilation Surface of Sweet Cherry Trees of Different Ripening Terms. *Ecological Engineering & Environmental Technology.* no. 23(4), pp. 101–106. DOI: 10.12912/27197050/150253
6. Winkler, A., Fiedler, B., Knoche, M. (2020). Calcium physiology of sweet cherry fruits. pp. 1157–1167. DOI: 10.1007/s00468-020-01986-9
7. Brüggewirth, M., Winkler, A., Knoche, M. (2016). Xylem, phloem, and transpiration flows in developing sweet cherry fruit. pp. 1821–1830. DOI: 10.1007/s00468-016-1415-4
8. Pedersen, H.L., Fangel, J.U., McCleary, B., Ruzanski, C., Rydahl, M.G., Ralet, M.C. (2012). Versatile high resolution oligosaccharide microarrays for plant glycobiology and cell wall research. *J Biol Chem.* 287 p.

9. Knoche, M., Lang, A. (2017). Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *CRC Crit Rev Plant Sci.* no. 36, pp. 190–215.
10. Knoche, M., Grimm, E., Schlegel, H.J. (2014). Mature sweet cherries have low turgor. *J Am Soc Hortic Sci.* no. 139, pp. 3–12.
11. Shubenko, L.A. (2021). Ustoychivost plodov chershni k rastreskivaniyu. Issues of practice and science. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference. London, Great Britain. pp. 23–25.
12. Grimm, E., Knoche, M. (2015). Sweet cherry skin has a less negative osmotic potential than the flesh. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* no. 140, pp. 472–479. DOI: 10.21273/JASHS.140.5.472
13. Shubenko, L., Shoh, S., Pavlichenko, A. (2021). Content of dry soluble substances in cherries. Problems and tasks of modern science and practice. Abstracts of IX International Scientific and Practical Conference. Bordeaux, France. pp. 18–19.
14. Brinkmann, T., Kuhnke, F., Grimm, E. (2022). Sweet cherry flesh cells burst in non-random clusters along minor veins. *Planta.* no. 255, 100 p. DOI: 10.1007/s00425-022-03882-7
15. Bound, S.A., Close, D.C., Measham, P.F., Whiting, M.D. (2017). Regulating crop load of ‘Sweetheart’ and ‘Van’ sweet cherry for optimal quality and reduced risk of cracking. *Acta Scientiarum.* Issue 1161, pp. 91–95. DOI: 10.17660/Acta Hortic.2017.1161.16
16. Schumann, C., Schlegel, H.J., Grimm, E., Knoche, M., Lang, A. (2014). Water potential and its components in developing sweet cherry. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* no. 139, pp. 349–355. DOI: 10.21273/JASHS.139.4.349
17. Schumann, C., Winkler, A., Brüggewirth, M., Köpcke, K., Knoche, M. (2019). Crack initiation and propagation in sweet cherry skin: A simple chain reaction causes the crack to «run». *PLoS ONE.* no. 14(7), e0219794. DOI: 10.1371/journal.pone.0219794
18. Shubenko, L.A., Shokh, S.S., Fedoruk, Yu.V., Mykhailiuk, D.V., Vuiko, A.M. (2021). Vmist osnovnykh khimichnykh elementiv u plodakh chershni riznykh strokiv dostyhanntia [The content of the main chemical elements in cherry fruits of different ripening periods] *Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats [Agrobiology: a collection of scientific papers].* Bila Tserkva, BNAU, no. 1 (162), pp. 168–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-173-179
19. Winkler, A., Knoche, M. (2019). Calcium and the physiology of sweet cherries: A review. *Scientia Horticulturae.* no. 245, pp. 107–115. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.10.012
20. Winkler, A., Knoche, M. (2021). Penetration of sweet cherry skin by ⁴⁵Ca-salts: pathways and factors. 11142. DOI: 10.1038/s41598-021-90727-0
21. Knoche, M., Lang, A. (2017). Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *Critical Reviews in Plant Sciences.* no. 36(3), pp. 190–215.
22. Guo, L.Y. (2019). A comprehensive study of hygroscopic properties of calcium- and magnesium-containing salts: Implication for hygroscopicity of mineral dust and sea salt aerosols. *Atmos. Chem. Phys.* pp. 2115–2133. DOI: 10.5194/acp-19-2115-2019
23. Eroglu, D. (2014). Effect of Preharvest Calcium Treatments on Sweet Cherry Fruit Quality. *Not Bot Horti Agrobi.* no. 42(1), pp. 150–153.
24. Winkler, A., Grimm, E., Knoche, M. (2019). Sweet Cherry Fruit: Ideal Osmometers? *Front. Plant Sci.* no. 10, 164 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00164
25. Bilgener, Ş., Demirsoy, L., Demirsoy, H. (1999). The effects of vapor gard, GA3 and calcium hydroxide applications on fruit cracking in ‘Türkoğlu’ sweet cherry. *Etkilerinin araştırılması. III. National Horticultural Congress, Turkey.* pp. 828–832.
26. Winkler, A., Knoche, M. (2021). Calcium uptake through skins of sweet cherry fruit: Effects of different calcium salts and surfactants. *Sci. Hortic.* DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109761
27. Shubenko, L., Shokh, S., Karpuk, L., Pavlichenko, A., Philipova, L. (2021). Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons.* no. 24 (7), pp. 61–67. DOI: 10.48077/scihor.24(7).2021.61-67

Characteristic features of cracking of sweet cherry fruit surface

Shubenko L., Leus V., Mulenok Ya., Donchenko V.

Sweet cherry fruit cracking during the rain has significant economic consequences. The level of cracking can reach as much as 100 % of losses, making the harvest unfit for sale. By understanding the cause of the damage, growers will be able to produce crops of quality cherry fruit. The development of varieties highly resistant to cracking is the main objective of most breeding programs. The article presents the research results on sweet cherry fruit cracking of the varieties of various ripening periods. In the study, fruits of 12 varieties of domestic cherry selection were used. Fruits at shoot ripeness were placed in containers with distilled water and kept for a certain period of time. After 6, 12, and 24 hours of exposure, cracked fruits were identified and the characteristic crack damage for each variety was determined. On fruits with cracked peel, the type of damage was determined, conditionally divided into: at the pedicel, on the side and around the top of the fruit. As a result of observations of cracking of cherry fruits, it was possible to determine the peculiarities of damage of each variety. Types A and B damage is shallow and may heal before the fruit is fully ripe, while C-type damage is deep, often down to the seed, which

causes fruit rotting. Observations revealed that early maturing varieties were characterized by lateral cracking. These were tentatively divided into cracks near the peduncle, on the side, and around the top of the fruit. The observations made it possible to establish that early ripening varieties had the cracking on the side of the fruit. Fruits of medium-ripening varieties cracked mainly around the top of the fruit. Late-ripening varieties were equally characterized by cracking at the peduncle and around the fruit top.

The correlation analysis of the influence of some biological components of the fruit on peel resistance to cracking was carried out. As a general result, among the studied varieties of different ripening dates, it can be stated that the most resistant to cracking were fruits of varieties «Mlievskaya yellow», «Mirazh», «Meotida» and Amazonka'.

Key words: sweet cherry, resistance to cracking, nature of fruit surface damage, peduncle length, pit mass fraction.



Copyright: Шубенко Л.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:

Шубенко Л.А.

Леус В.В.

Муленок Я.О.

<https://orcid.org/0000-0002-8938-9520>

<https://orcid.org/0000-0002-7417-5968>

<https://orcid.org/0000-0001-9015-852X>



САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.639.11:502.633/635:712.4

Перспективи використання троянд групи флорібунда в озелененні міста Умань**Бровді А.А.** , **Поліщук В.В.** 

Уманський національний університет



Бровді А.А. E-mail: abrovdi@ukr.net



Бровді А.А., Поліщук В.В. Перспективи використання троянд групи флорібунда в озелененні міста Умань. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 221–228.

Brovdi A., Polishchuk V. Prospects for using floribunda roses in Uman city landscaping. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 221–228.

Рукопис отримано: 27.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-221-228

Квітникарство є напрямом декоративного садівництва, який вивчає особливості вирощування квітниково-декоративних рослин, їх розмноження та селекцію. Серед значного різноманіття квітів найбільше уваги приділяють трояндам, яким, здебільшого, віддають головний акцент у будь-якій композиції. Враховуючи стійке зростання попиту на повторноквітучі троянди, вивчення декоративних властивостей сортів троянд групи флорібунда має важливе практичне значення. Дослідженням 20 сортів троянд групи флорібунда в умовах міста Умань визначено, що найбільш цінними за декоративно-господарськими ознаками є троянди сортів *Westpoint*, *Pomponella* та *Novalis*, з кількістю набраних балів більше 120. Усі інші сорти – мають цінні окремі ознаки, що робить їх цінним матеріалом для декоративного садівництва та квітникарства. Гармонійно підібрані троянди за кольором та параметрами кущів, дозволяють створити яскраві квіткові композиції. Найчастіше троянди групи флорібунда використовують для створення рабток, групових та солітерних насаджень, у квіткових масивах, партерних квітниках та міксбордах. Для створення рабток найкраще підійдуть низько- та середньорослі троянди з компактним кущем та щитоподібними суцвіттями, у яких незначна кількість шипів: *Arthur Bell*, *Westpoint*, *Santa Monika*. Для одиночних насаджень у далекій перспективі підійдуть сильнорослі кущі з красивим листям: *Pomponella*, *Novalis*. За створення квіткових насаджень особливу увагу приділяють їх забарвленню, оскільки воно визначає гармонію створеної композиції. Насиченість та оригінальність забарвлення визначає цінність сорту для декоративного садівництва. Результати проведених досліджень дозволили встановити, що сорти з високою стійкістю до несприятливих умов мають найкращу силу цвітіння. Зокрема, це сорти *Pomponella*, *Lovely Green*, *Westpoint* та *Bella Rosa*, які в умовах проведення досліджень проявили себе найкраще за відповідними ознаками. Саме тому, створення солітерних або групових насаджень з використанням цих сортів дозволить отримати високодекоративні насадження упродовж усього весняно-літнього сезону.

Ключові слова: троянди, група флорібунда, декоративність, оригінальність сорту, озеленення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Важливим елементом зеленого будівництва є декоративне квітництво. Серед значного різноманіття квітів найбільше уваги приділяють трояндам [1]. Троянди є частиною багатьох рослинних композицій, громадських об'єктів озеленення або приватних садів [2, 3]. Найкращою формою декоративного показу троянд є розарій, який демонструє їх різноманіття, специфіку та цінність сортів різних садових груп у різноманітних архітектурних рішеннях [4, 5].

Троянди висаджують на ділянці згідно із заздалегідь визначеним планом. На передній план висаджують низькорослі рослини, а високі – на задній. Близьче до доріжок розміщують кущові та штамбові троянди, які мають сильний аромат та красиву форму бутону і квітки, а далі – рясноквітучі яскраві сорти, які створюють барвисті масиви. Для того щоб підкреслити декоративність троянд, їх часто відтіняють однотонними зеленими газонами, темно-зеленим або блакитним фоном хвойних рослин [6, 7]. Фон троянд має особливу важливу значення. Вертикальний фон можна створити з ялівцю, тису, туї, самшиту, кизильнику блискучого тощо. За створення горизонтального фону використовують газонні трави, багаторічні ґрунтопокривні та декоративно-листяні рослини [8, 9].

Під час оформлення ділянки трояндами особливу увагу приділяють їх забарвленню. Сорти комбінують за кольоровими схемами з використанням класичного кола кольорів [10, 11]. Троянди групи флорібунда мають широкий спектр забарвлень. Оригінальність сорту, яка враховує і характерні відмінності його забарвлення, визначає декоративну цінність відповідного сорту троянд для озеленення [12, 13].

Завдяки майже безперервному цвітінню з середини червня і до настання морозів, легкості у вирощуванні та догляді, високій стійкості до хвороб, шкідників та умов навколишнього середовища, троянди групи флорібунда користуються величезною популярністю у декоративному садівництві [14, 15].

Мета дослідження. Оцінити декоративність сортів троянд групи флорібунда та запропонувати найбільш цінні з них для використання в озелененні міста Умань.

Матеріал і методи дослідження. Оцінювання декоративності та господарсько-біологічної перспективності сортів троянд групи флорібунда проводили упродовж 2018–2023 рр. на дослідних ділянках кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету садівництва.

Дослідження проводили з 20 сортами троянд групи флорібунда, які відрізняються за походженням, декоративними ознаками та стійкістю до умов довкілля.

Місто Умань розташоване на Придніпровській височині над річкою Уманкою, яка належить до басейну Південного Бугу. Клімат території – помірно континентальний з м'якою зимою та теплим літом. За роки проведення досліджень визначено суттєву мінливість кліматичних показників на її території. Середньорічна температура повітря коливалась від 8,7 °C у 2021 до 10,7 °C у 2020 році. Сума опадів у 2019 р. була найнижчою за усі роки проведення досліджень і становила 377 мм, що на 209 мм нижче за середній багаторічний показник [16–18]. Ґрунти території – чорноземи опідзолені важкосуглинкові з вмістом гумусу у орному шарі 3,31 % та реакцією ґрунтового розчину – рН 6,5–6,7 [19].

Декоративну цінність сортів троянд визначали за характерними декоративними ознаками та господарсько цінними властивостями. Встановлення відповідних характеристик для сортів троянд групи флорібунда здійснювали відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин групи декоративних на відмінність, однорідність і стабільність та Методики проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні [10, 21].

Статистичну обробку отриманих результатів досліджень проводили за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізів [22] з використанням програм Excel та Statistica 10.

Результати дослідження та обговорення. Відповідно до проведеного оцінювання декоративності сортів троянд групи флорібунда визначено, що три досліджених сорти належать до високодекоративних та високоперспективних для озеленення, із загальною кількістю балів за декоративними ознаками 85 та вище, а саме: *Novalis*, *Westpoint* та *Henri Matisse* (табл. 1). Троянди сортів *Pomponella*, *Lilli Marleen*, *Goldelse*, *Lovely Green*, *Iceberg*, *Let's Celebrate*, *Gebruder Grimm*, *Carmagnola*, *Friesia*, *Lavaglut*, *Arthur Bell*, *Minerva*, *Rotkappchen* та *Bella Rosa*, з кількістю набраних балів від 75 до 84, віднесено до декоративних та перспективних сортів. Сорти *Santa Monika*, *Cream Abundance* та *Hans Gonewein*, які набрали менше 75 балів віднесено до малдекоративних сортів. Отже, переважна більшість сортів троянд групи флорібунда є перспективними за декоративними ознаками для використання у декоративному садівництві та озелененні в умовах міста Умань.

Таблиця 1 – Оцінювання декоративних ознак троянд групи флорібунда у балах (2018–2023 рр.)

Назва сорту	Забарвлення квітки та його стійкість	Форма квітки	Розмір квітки	Якість пелюсток	Форма суцвіття	Розмір суцвіття	Кількість квіток у суцвітті	Кількість одночасно відкритих квіток	Якість квітконоса	Оригінальність сорту	Загальний стан рослин	Сума балів
<i>Pomponella</i>	9	5	5	9	7	7	9	9	5	7	9	81
<i>Lovely Green</i>	9	5	5	9	7	5	9	9	5	9	7	79
<i>Carmagnola</i>	7	3	7	7	9	9	5	9	5	9	7	77
<i>Arthur Bell</i>	7	7	5	7	9	7	5	9	5	7	7	75
<i>Lilli Marleen</i>	9	7	7	9	9	9	3	9	5	7	7	81
<i>Westpoint</i>	7	7	7	7	9	9	5	9	9	9	7	85
<i>Minerva</i>	7	7	7	7	5	9	5	9	5	9	5	75
<i>Novalis</i>	9	7	9	9	7	9	5	9	9	9	7	89
<i>Goldelse</i>	9	7	7	9	9	7	5	9	5	9	5	81
<i>Rotkappchen</i>	7	5	7	7	9	7	5	9	5	7	7	75
<i>Friesia</i>	9	7	7	9	5	9	3	9	5	9	5	77
<i>Lavaglut</i>	9	7	5	9	9	7	5	9	5	7	5	77
<i>Iceberg</i>	9	7	7	7	9	9	5	9	5	7	5	79
<i>Santa Monika</i>	7	7	5	7	9	5	5	9	5	9	5	73
<i>Henri Matisse</i>	9	9	9	7	7	9	3	9	9	9	5	85
<i>Bella Rosa</i>	7	7	5	7	9	3	5	9	5	9	9	75
<i>Cream Abundance</i>	7	7	7	7	5	7	3	9	5	9	5	71
<i>Hans Gonewein</i>	7	5	5	7	7	9	5	9	5	7	5	71
<i>Let's Celebrate</i>	7	7	7	7	9	9	5	9	5	9	5	79
<i>Gebruder Grimm</i>	7	7	9	7	9	7	5	9	5	7	7	79

З метою дослідження господарської цінності сортів троянд групи флорібунда проведено їх господарсько-біологічну оцінку, яка дозволила визначити найбільш перспективні сорти за відповідними ознаками (табл. 2).

Визначено, що сорти троянд групи флорібунда мають високу ремонтантність, яка визначає тривалість їх цвітіння та робить їх цінними об'єктами для використання у ландшафтному озелененні. За відповідною ознакою майже усі сорти отримали найвищий бал (9 балів).

Більшість сортів проявили помірну та високу стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища, що робить їх цінним матеріалом для використання в умовах Правобережного Лісостепу України. Здатність до вегетативного розмноження у більшості сортів троянд групи флорібунда була вище се-

редньої, що дозволяє отримати високодекоративний садивний матеріал у короткі терміни.

Відповідно до даних таблиці 2, найвищу цінність за господарсько-біологічними ознаками має сорт *Pomponella* – 43 бали. Відповідний сорт отримав найвищий бал (9 балів) за чотирма господарсько цінними ознаками і лише за однією (розмір суцвіття) – 7 балів. Більшість сортів, за винятком *Goldelse*, *Lavaglut*, *Santa Monika*, *Henri Matisse* та *Cream Abundance*, набрали вище 30 балів, що робить їх перспективними до використання в озелененні в умовах Правобережного Лісостепу України.

За підсумком проведеного декоративно-господарського оцінювання визначено цінність та перспективність для декоративного садівництва троянд групи флорібунда (рис. 1).

Таблиця 2 – Оцінювання господарсько-біологічної перспективності використання троянд групи флорібунда для озеленення (2018–2023 рр.)

Назва сорту	Сила цвітіння	Здатність до вегетативного розмноження	Тривалість цвітіння	Розмір суцвіття	Загальна стійкість сорту до несприятливих умов	Сума балів (максимальна 45)
<i>Pomponella</i>	9	9	9	7	9	43
<i>Lovely Green</i>	9	9	9	5	7	39
<i>Carmagnola</i>	7	7	9	9	7	39
<i>Arthur Bell</i>	5	5	9	7	7	33
<i>Lilli Marleen</i>	3	3	9	9	7	31
<i>Westpoint</i>	9	7	9	9	7	41
<i>Minerva</i>	5	5	9	9	5	33
<i>Novalis</i>	7	7	7	9	7	37
<i>Goldelse</i>	3	5	9	7	5	29
<i>Rotkappchen</i>	7	7	9	7	7	37
<i>Friesia</i>	5	3	9	9	5	31
<i>Lavaglut</i>	5	5	7	7	5	29
<i>Iceberg</i>	5	5	9	9	5	33
<i>Santa Monika</i>	5	3	9	5	5	27
<i>Henri Matisse</i>	3	3	9	9	5	29
<i>Bella Rosa</i>	9	9	9	3	9	39
<i>Cream Abundance</i>	3	3	9	7	5	27
<i>Hans Gonewein</i>	7	7	9	9	5	37
<i>Let's Celebrate</i>	7	7	9	9	5	37
<i>Gebruder Grimm</i>	9	7	9	7	7	39

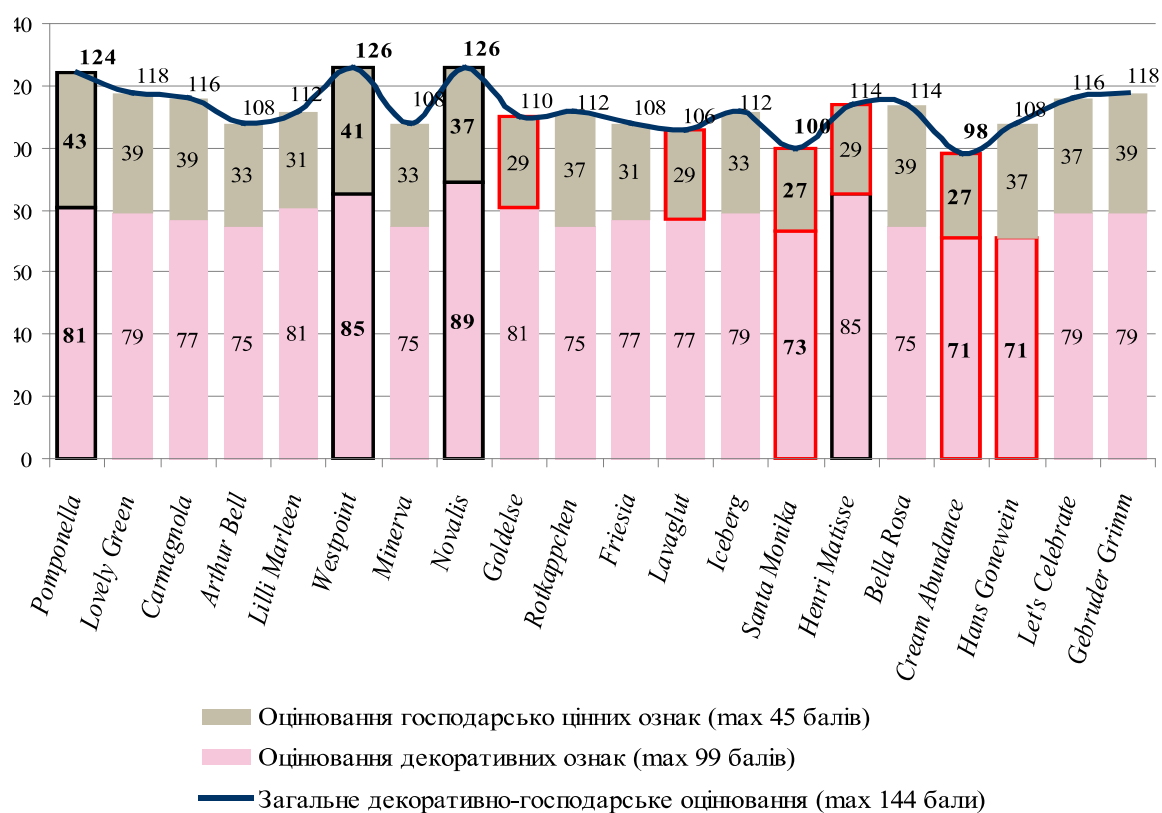


Рис. 1. Перспективність троянд групи флорібунда за декоративними та господарсько-біологічними ознаками (2018–2023 рр.), у балах.

Досліджено, що сорти *Westpoint*, *Pomponella* та *Novalis*, які набрали вище 120 балів, є високоперспективним та цінним матеріалом для декоративного садівництва і квітникарства. Сорти *Lovely Green*, *Carmagnola*, *Arthur Bell*, *Lilli Marleen*, *Minerva*, *Goldelse*, *Rotkappchen*, *Friesia*, *Lavaglut*, *Iceberg*, *Santa Monika*, *Henri Matisse*, *Bella Rosa*, *Cream Abundance*, *Hans Gonewein* та *Let's Celebrate*, *Gebruder Grimm* з кількістю набраних балів від 98 до 118, мають цінні окремі декоративні та господарсько-біологічні ознаки, що робить їх перспективними для використання в озелененні. Отже, відповідно до проведеного комплексного декоративно-господарського оцінювання сортів троянд групи флорібунда, не виявлено сортів, що є малоперспективними або неперспективними для декоративного садівництва і, відповідно, вказує на високу цінність досліджуваних генотипів троянд.

Гармонійно підібрані троянди за кольором та параметрами кущів, дозволяють створити яскраві квіткові композиції. Найчастіше троянди групи флорібунда використовують для створення рабаток, групових та солітерних насаджень, у квіткових масивах, партерних квітниках та міксбордах. Під час створення квіткових насаджень особливу увагу приділяють їх забарвленню, оскільки воно визначає гармонію створеної композиції. Насиченість та оригінальність забарвлення визначає цінність сорту для декоративного садівництва.

Широкий спектр забарвлень повторно квітучих троянд групи флорібунда значно впливає на зростання попиту на них. Особливо цінними є сорти з оранжевим (*Westpoint*, *Goldelse* і *Gebruder Grimm*) та фіолетовим (*Minerva*, *Novalis* і *Santa Monika*) забарвленням, які висаджують солітерно або у групових насадженнях. Троянди з пістрявим забарвленням (*Henri Matisse* та *Let's Celebrate*) рекомендовано висаджувати у поодиноких насадженнях. Під час створення клумб рекомендовано комбінувати сорти за забарвленням та висотою: спереду висаджують білі (*Iceberg*), далі – світло-рожеві (*Hans Gonewein*, *Carmagnola*), рожеві сорти (*Pomponella*), далі червоні сорти та закінчувати слід сортами з темним забарвленням.

Для створення рабаток найкраще підійдуть низько- та середньорослі троянди з компактним кущем та щитоподібними суцвіттями, у яких незначна кількість шипів: *Arthur Bell*, *Westpoint*, *Santa Monika*. Добре поєднуються троянди у рабатці зі злаковими рослинами, дельфініумом, низькорослими ірисами, сріблястим полином.

Для створення квіткових груп поруч з оглядовими майданчиками або біля доріжок варто відбирати середньорослі компактні кущі з красивим листям: *Lilli Marleen*, *Westpoint*, *Minerva*, *Goldelse*, *Rotkappchen*, *Friesia*, *Lavaglut*, *Iceberg*, *Santa Monika*, *Cream Abundance*. Для групових насаджень у далекій перспективі найкраще підходять сильнорослі кущі: *Pomponella*, *Lovely Green*, *Carmagnola*, *Novalis*, *Hans Gonewein*, *Let's Celebrate* та *Gebruder Grimm*. Для одиночних насаджень у далекій перспективі підійдуть сильнорослі кущі з красивим листям: *Pomponella*, *Novalis*.

Троянди групи флорібунда також можна використовувати як середній ярус у насадженнях з декоративно-листовими чагарниками, зокрема спіреєю, бузком, барбарисом і бузиною та широким асортиментом хвойних рослин.

Результати проведених досліджень дозволили встановити, що сорти з високою стійкістю до несприятливих умов мають найкращу силу цвітіння. Зокрема, це сорти *Pomponella*, *Lovely Green*, *Westpoint* та *Bella Rosa*, які в умовах проведення досліджень проявили себе найкраще за відповідними ознаками. Саме тому, створення солітерних або групових насаджень з використанням цих сортів дозволить отримати високодекоративні насадження упродовж усього весняно-літнього періоду.

Висновки. Досліджено, що троянди групи флорібунда вирізняються з-поміж інших садових груп високою продуктивністю цвітіння та широким різноманіттям декоративних якостей. Визначено, що найбільш цінними за декоративними ознаками є сорти *Novalis*, *Westpoint* та *Henri Matisse* з кількістю набраних балів 85 і вище. Найбільшу кількість балів за господарсько-біологічними ознаками отримав сорт *Pomponella* – 43 бали. За підсумком проведеного декоративно-господарського оцінювання визначено, що троянди сортів *Westpoint*, *Pomponella* та *Novalis*, з кількістю набраних балів вище 120, є високоперспективним та цінним матеріалом для декоративного садівництва і квітникарства. Усі інші сорти троянд мають цінні окремі декоративні та господарсько-біологічні ознаки, що вказує на доцільність їх використання в озелененні міста Умань.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бровді А.А., Поліщук В.В. Ефективність вегетативного розмноження троянд групи флорібунда методом окуліровки. Агробіологія. 2024. № 1. С. 37–42.

2. Research regarding the behaviour of some rose varieties from floribunda group in cropping conditions from Iași, Romania / E.L. Chelariu et al. Scientific Papers. Series B. Horticulture. 2019. Vol. LXIII. No 1. P. 453–458.
3. Avdic J., Becic B., Sarajlic N., Arar K. Roses (*Rosa* spp.) in public green spaces of Sarajevo. Works of the Faculty of Agriculture and Food Sciences. University of Sarajevo. 2016. Vol. LXI. No 66/1. P. 209–212.
4. Гречаник Р.М., Мельник Ю.А., Синиця А.В. Використання троянд в озелененні та декоративному квітникуарстві. Науковий вісник НЛТУ. 2004. Вип. 14 (4). С. 18–24.
5. Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Матусьяк М.В., Ковальчук Я.Д. Сучасний стан та перспективи створення розарію на базі паркової зони Віницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 23. С. 124–136.
6. Ткачук О. Сади, де квітнуть королеви: троянди у ландшафтному дизайні. Огородник. 2020. URL: <https://www.ogorodnik.com/articles/sady-de-kvitnut-korolevy-troyandy-u-landshaftnomu-dyzayni>
7. Ішук Л.П. Використання троянд в оформленні присадибних ділянок та території закладів. Троянда-королева вашого саду. 2018. С. 22–25.
8. Рубцова О.Л., Чижанькова В.І., Соколова О.А., Гордієнко Д.С. Принципи та прийоми композиції, що посилюють естетичне враження при сприйнятті розарію. Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні: матеріали V Міжнародної наукової конференції. Умань: «Сочинський М.М.», 2022. С. 221–227.
9. Рубцова О.Л., Чижанькова В.І., Соколова О.А., Гордієнко Д.С. Принципи та прийоми композиції, що посилюють естетичне враження при сприйнятті розарію. Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні: матеріали V Міжнародної наукової конференції, присвяченої 20-й річниці проголошення Всесвітнього дня культурного різноманіття в ім'я діалогу та розвитку. Умань, 2022. С. 5–8.
10. Hahn D.D.A. The Color of Roses: A Curated Spectrum of 300 Blooms. Berkeley: Ten Speed Press, 2023. 336 p.
11. Neal N. The Nonstop Color Garden: Design Flowering Landscapes & Gardens for Year-round Enjoyment. Brentwood: Cool Springs Press, 2014. 192 p.
12. Balaj N. Garden Roses: Large blooms, compact, lots of color in the landscape architecture. UBT International Conference. 2019. P. 62–71. DOI: 10.33107/ubt-ic.2019.235
13. Дениско І.Л. 'Рейс' – троянда ХХ століття. Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання): матеріали XII Міжнародної наукової конференції (20–22 березня 2023 р.). Умань, 2023. 264 с.
14. Graves H.A., Hoag D.G. Roses: You can grow them in North Dakota. 1956. URL: https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/7677/a_118_1956.pdf?sequence=1
15. Бровді А.А., Поліщук В.В. Оцінювання стійкості сортів троянд групи флорібунда до впливу факторів навколишнього середовища в умовах Правобережного Лісостепу України. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. № 2/102.
16. Новак В.Г., Новак А.В. Агрометеорологічні умови 2017–2018 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2018. № 2. С. 73–75.
17. Новак В.Г., Новак А.В. Агрометеорологічні умови 2018–2019 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 1. С. 47–49.
18. Новак В.Г., Новак А.В. Агрометеорологічні умови 2019–2020 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2021. № 1. С. 27–29.
19. Недвига М.В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. Київ: Сільгоспосвіта, 1994. 334 с.
20. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні / ред. С.О. Ткачик; уклад.: З.Б. Києнко та ін. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2016. 130 с.
21. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних на відмінність, однорідність і стабільність. Вінниця: Нілан ЛТД, 2016. 1130 с.
22. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогряз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

REFERENCES

1. Brovdi, A.A., Polishchuk, V.V. (2024). Efektivnist vehetatyvnoho rozmnozhenia troiand hrupy floribunda metodom okulirovki [Efficiency of vegetative propagation of roses of floribunda group by budding]. Agrobiologija [Agribiology]. no. 1, pp. 37–42.
2. Chelariu, E.L., Draghia, L., Brinza, M., Cojocariu, M., Avarvarei, B.-V., Paraschiv, N.L. (2019). Research regarding the behaviour of some rose varieties from floribunda group in cropping conditions from Iași, Romania. Scientific Papers. Series B. Horticulture. Vol. LXIII, no. 1, pp. 453–458.
3. Avdic, J., Becic, B., Sarajlic, N., Arar, K. (2014). Roses (*Rosa* spp.) in public green spaces of Sarajevo. Works of the Faculty of Agriculture and Food Sciences. University of Sarajevo. Vol. LXI, no. 66/1, pp. 209–212.
4. Hrechanyk, R.M., Melnyk, Yu.A., Synytsia, A.V. (2004). Vykorystannia troiand v ozelenenni ta dekoratyvnomu kvitnykarstvi [The use of roses in landscaping and decorative floriculture]. Naukovyj visnyk NLTU [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]. Issue 14 (4), pp. 18–24.
5. Prokopchuk, V.M., Pansyryeva, H.V., Matusiak, M.V., Kovalchuk, Ya.D. (2021). Suchasnyi stan ta perspektyvy stvorennia rozariiu na bazi parkovoi

zony vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Current state and prospects of creating a rose garden on the basis of the park zone of Vinnytsia National Agrarian University]. *Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnytvo* [Agriculture and forestry]. no. 23, pp. 124–136.

6. Tkachuk, O. (2020). Sady, de kvitnut korolevy: troiandy u landshaftnomu dyzaini. [Gardens where queens bloom: roses in landscape design]. *Ogorodnyk* [Gardener]. Available at: <https://www.ogorodnik.com/articles/sady-de-kvitnut-korolevy-troyandy-u-landshaftnomu-dyzaini>.

7. Ishchuk, L.P. (2018). Vykorystannia troiand v oformlenni prysadybnykh dilianok ta terytorii zakladiv [The use of roses in the design of personal plots and the territory of institutions]. *Trojanda-koroleva vashogo sadu* [Rose-queen of your garden]. pp. 22–25.

8. Rubtsova, O.L., Chyzhankova, V.I., Sokolova, O.A., Hordienko, D.S. (2022). Pryntsypy ta pryimy kompozytsii, shcho posyliuiut estetychne vrazhennia pry spryiniatti rozariiu [Principles and techniques of composition that enhance the aesthetic impression when perceiving a rose garden]. *Etnobotanichni tradytsii v agronomii, farmacii ta sadovomu dyzaini: materialy V Mizhnarodnoi naukovoï konferencii* [Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: materials of the V International Scientific Conference]. Uman, Sochinsky M.M., pp. 221–227.

9. Rubtsova, O.L., Chyzhankova, V.I., Sokolova, O.A., Hordienko, D.S. (2022). Pryntsypy ta pryimy kompozytsii, shcho posyliuiut estetychne vrazhennia pry spryiniatti rozariiu [Principles and techniques of composition that enhance the aesthetic impression when perceiving a rose garden]. *Etnobotanichni tradytsii v agronomii, farmacii ta sadovomu dyzaini: materialy V mizhnarodnoi naukovoï konferencii, prysvjachenoi 20-j richnyci progoloshennja Vsesvitnogo dnja kulturnogo riznomanittja v im'ja dialogu ta rozvytku* [Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: Proceedings of the V International Scientific Conference dedicated to the 20th anniversary of the proclamation of the World Day for Cultural Diversity for Dialogue and Development]. Uman, pp. 5–8.

10. Hahn, D.D.A. (2023). *The Color of Roses: A Curated Spectrum of 300 Blooms*. Berkeley, Ten Speed Press, 336 p.

11. Neal, N. (2014). *The Nonstop Color Garden: Design Flowering Landscapes & Gardens for Year-round Enjoyment*. Brentwood, Cool Springs Press, 192 p.

12. Balaj, N. (2019). Garden Roses: Large blooms, compact, lots of color in the landscape architecture. *UBT International Conference*. pp. 62–71.

13. Denysko, I.L. (2023). 'Peace' - troianda XX stolittia ['Peace' – a rose of the twentieth century]. *Selekciino-genetychna nauka i osvita (Parijevi chytannja): materialy III Mizhnarodnoi naukovoï konferencii (20–22 bereznja 2023 r.)* [Breeding and genetic science and education (Pariyev readings): mate-

rials of the XII International Scientific Conference]. Uman, 264 p.

14. Graves, H.A., Hoag, D.G. (1956). *Roses: You can grow them in North Dakota*. Available at: https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/7677/a_118_1956.pdf?sequence=1

15. Brovdi, A.A., Polishchuk, V.V. (2023). Ot-siniuvannia stiikosti sortiv troiand hrupy floribunda do vplyvu faktoriv navkolysnnoho seredovyshcha v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of resistance of floribunda rose varieties to environmental factors in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy* [Scientific reports of NUBiP of Ukraine]. no 2/102.

16. Novak, V.H., Novak, A.V. (2018). Ahrometeorologichni umovy 2017–2018 silskohospodarskoho roku za danymy meteostantsii Uman [Agrometeorological conditions of the 2017–2018 agricultural year according to the data of the Uman meteorological station]. *Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytva* [Bulletin of the Uman National University of Horticulture]. no. 2, pp. 73–75.

17. Novak, V.H., Novak, A.V. (2020). Ahrometeorologichni umovy 2018–2019 silskohospodarskoho roku za danymy meteostantsii Uman [Agrometeorological conditions of the 2018–2019 agricultural year according to the data of the Uman meteorological station]. *Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytva* [Bulletin of the Uman National University of Horticulture]. no. 1, pp. 47–49.

18. Novak, V.H., Novak, A.V. (2021). Ahrometeorologichni umovy 2019–2020 silskohospodarskoho roku za danymy meteostantsii Uman [Agrometeorological conditions of the 2019–2020 agricultural year according to the data of the Uman weather station]. *Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnytva* [Bulletin of the Uman National University of Horticulture]. no. 1, pp. 27–29.

19. Nedvyha, M.V. (1994). Morfolohichni kryterii ta henezys suchasnykh gruntiv Ukrainy [Morphological criteria and genesis of modern soils of Ukraine]. Kyiv, Selхозsvita, 334 p.

20. Tkachyk, S.O., Kyivko, Z.B., Matus, V.M., Pavliuk, N.B. (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy dekoratyvnykh, likarskykh ta efirooliinykh, lisovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methods of examination of plant varieties of the group of ornamental, medicinal and essential oil, forest for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia, Nilan Ltd. 130 p.

21. *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy dekoratyvnykh na vidminnist, odnoridnist i stabilnist* [Methods of examination of plant varieties of the ornamental group for distinctiveness, uniformity and stability]. Vinnytsia, Nilan LTD, 2016, 1130 p.

22. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv, Diya, 288 p.

Prospects for using floribunda roses in Uman city landscaping

Brovdi A., Polishchuk V.

Floriculture is a branch of ornamental gardening that studies the peculiarities of growing flower and ornamental plants, their reproduction and selection. Among the wide variety of flowers, the greatest attention is paid to roses, which are usually the main focus of any composition. Given the steady growth in demand for re-flowering roses, the study of the decorative properties of floribunda rose varieties is of great practical importance. The study of 20 varieties of floribunda roses in the city of Uman has determined that the most valuable in terms of all decorative and economic characteristics are roses of the *Westpoint*, *Pomponella* and *Novalis* varieties, with a score over 120. All other varieties have valuable individual characteristics, which makes them valuable material for ornamental gardening and floriculture. Harmoniously matched roses in terms of colour and shrub parameters allow you to create bright floral arrangements. Most often, floribunda roses are used for creating flower

beds, group and solitary plantings, in flower arrays, parterre flower beds and mixborders. Low- and medium-sized roses with a compact bush and shield-shaped inflorescences with a small number of thorns are best suited for ridges creating: *Arthur Bell*, *Westpoint*, *Santa Monika*. For single plantings in the long term, vigorous bushes with beautiful foliage are suitable: *Pomponella*, *Novalis*. When creating flower plantations, special attention is paid to their colour, as it determines the harmony of the composition. Color richness and originality determines the value of ornamental gardening variety. The results of our research have shown that varieties with high resistance to adverse conditions have the best flowering power. In particular, these are the *Pomponella*, *Lovely Green*, *Westpoint* and *Bella Rosa* varieties, which proved to be the best in terms of the relevant traits in the research. That is why the creation of solitary or group plantings using these varieties will allow to get highly decorative plantings throughout the spring and summer season.

Key words: roses, floribunda, decorativeness, variety originality, landscaping.



Copyright: Бровді А.А., Поліщук 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:

Бровді А.А.

Поліщук В.В.

<https://orcid.org/0000-0003-1065-705X>

<https://orcid.org/0000-0001-8157-7028>



САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 581.143+581.951.8/543.26

**Сучасні методи інтенсифікації вирощування
садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної
(*Catalpa bignonioides* Walter)**Булат А.Г. 

Державний біотехнологічний університет

 E-mail: bulatandrey1977@gmail.com

Булат А.Г. Сучасні методи інтенсифікації вирощування садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної (*Catalpa bignonioides* Walter). «Агробіологія», 2025. № 1. С. 229–238.

Bulat A. Modern methods of intensification of growing of planting material *Catalpa bignonioides* Walter. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 229–238.

Рукопис отримано: 05.02.2025 р.

Прийнято: 20.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-229-238

Інтенсифікація робіт з озеленення населених пунктів обумовлює широке використання інтродукованих деревних рослин для створення ландшафтних композицій різного функціонального призначення. У паркових зонах та алейних посадках м. Харків все частіше з'являється катальпа бігніонієвидна (*Catalpa bignonioides* Walt). У зв'язку з цим питання інтенсифікації отримання садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної потребує детального вивчення, а проведення таких досліджень є важливим як у науковому, так і практичному сенсі.

Метою статті є визначення доцільності використання сучасних комплексних мінеральних видів добрив під час вирощування садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної в умовах декоративного розсадняка.

Здійснено активний експеримент за допомогою візуального спостереження, оцінювання зовнішнього вигляду рослин за їх ростом та розвитком в процесі застосування різних видів мінеральних добрив, а також вимірювання та фіксація отриманих результатів польових даних.

За порівняння ефективності комплексних добрив, можна дійти висновку, що їх використання справляє позитивний вплив на рослини. Застосування обраних в досліді комплексних мінеральних добрив дозволяє отримувати якісний садивний матеріал *C. bignonioides* з високим рівнем виживаності.

Дослідження показали, що використання мінеральних добрив має значний вплив на ріст і розвиток саджанців. Найбільш ефективним було комплексне гранульоване мінеральне добриво з мікроелементами ДюраСОП. Двократне внесення цього добрива приводить до суттєвого збільшення висоти сіянців у середньому на 41,7 %, діаметра кореневої шийки на 78 %, та приросту культур за висотою на 72 %.

Площа проєкції крони чотирирічних саджанців катальпи бігніонієвидної, у варіанті з використанням добрива ДюраСОП перевищувала контрольні значення на 132,7 %. Отже, застосування у виробництві комплексного гранульованого мінерального добрива з мікроелементами ДюраСОП для інтенсифікації отримання посадкового матеріалу є перспективними.

Ключові слова: комплексні мінеральні добрива, саджанці, площа проєкції крони, індекс стану, біометричні показники.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасний стан декоративного розсадництва в Україні не відповідає потенційним природним можливостям та наявним у країні трудовим резервам і тому неспроможний на належному рівні забезпечити потреби держави у садивному матеріалі для озеленення та садово-паркового будівництва [15].

За експертною оцінкою, співвідношення імпоротної та вітчизняної продукції декоративного розсадництва на внутрішньому ринку становило 70 до 30 %, проте останніми роками воно кардинально змінилось і становить нині 30 і 70 % [21].

Значна питома частка імпортованого садивного матеріалу на ринку продукції декоративних рослин в Україні свідчить, що його вітчизняне виробництво перебуває у стані становлення з притаманними цьому періоду специфічними проблемами. Більшість з них зумовлені стихійністю та недостатністю відповідної регламентації виробництва декоративного садивного матеріалу [14]. Це пов'язано з тим, що вирощування садивного матеріалу проводять за застарілими технологіями, більшість робіт виконують вручну та за спрощеною агротехнікою [13].

На сьогодні галузь спроможна використовувати новітні технології, які базуються на програмуванні виробничих процесів, вузькій спеціалізації окремих етапів вирощування, повній механізації та автоматизації робіт [15].

Використання мінеральних добрив є основою інтенсифікації отримання декоративного садивного матеріалу. Ефективність мінеральних добрив значною мірою залежить від впровадження індустріальної технології обробітку декоративних культур, комплексної механізації, меліорації земель, використання досягнень науки, здійснення міжгосподарської кооперації і агропромислової інтеграції [6].

У системі заходів з інтенсифікації вирощування садивного матеріалу одним із найважливіших прийомів є спрямоване регулювання живлення й продукційних процесів під час вирощування сіянців та саджанців за допомогою системного застосування мінеральних добрив [23]. Нині на ринку України наявний великий вибір таких добрив як іноземного, так і вітчизняного виробництва.

Відомо, що добрива впливають не лише на розміри та фітомасу сіянців, а також на їхню якість. Сіянці, які вирощено в оптимальних умовах мінерального живлення, характеризуються добре розвинутою кореневою системою та наземною частиною, накопичують значний вміст запасних поживних

речовин, які використовують для регенерації кореневої системи та адаптації до нових умов після пересаджування їх на постійне місце. Цим передусім пояснюється краща приживлюваність таких сіянців, вища стійкість до посухи, а також стресових чинників біотичної або абіотичної природи [5, 20, 26].

Варто зазначити, що дослідження науковців присвячені більшою мірою вивченню оптимальних технологій вирощування садивного матеріалу головних лісоутворювальних порід, а саме сосни та дуба звичайного [1, 8–13, 25, 27]. Аналіз наукових праць і вагомий масив історико-наукової, біографічної, науково-популярної літератури доводить, що тематика вирощування садивного матеріалу та його агротехніки створення актуальна не лише в Україні, а також у межах світового масштабу, та є предметом наукового пізнання [4, 7, 22].

Інтенсифікація робіт з озеленення населених пунктів обумовлює широке використання інтродукованих деревних рослин для створення ландшафтних композицій різного функціонального призначення. У паркових зонах та алейних посадках м. Харків все частіше з'являється катальпа бігніонієвидна (*Catalpa bignonioides* Walt) [2].

Дослідники [3, 16–19] частіше звертають увагу на вивчення питання особливостей розмноження катальпи, зміни морфометричних характеристик рослин *Catalpa bignonioides* у зелених насадженнях з різним рівнем урбогенного навантаження та порівняльний аналіз ступеня пошкодження асиміляційного апарату дерев за різних умов зростання в міських умовах.

Водночас питання інтенсифікації отримання садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної завдяки використанню різних видів добрив, зокрема комплексних, потребує детального вивчення, а проведення таких досліджень є важливим як у науковому, так і практичному сенсі.

Метою дослідження було розробити пропозиції з науково обґрунтованого застосування різних комплексних добрив під час вирощування садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної в умовах відкритого ґрунту.

Матеріал і методи дослідження. Вирощування декоративного садивного матеріалу у розсадниках підприємств галузі є важливою складовою ведення господарства. Отримання якісного садивного матеріалу в короткий термін є важливим джерелом залучення позабюджетних коштів, особливо нині в умовах відсутності бюджетного фінансування діяльності державних підприємств.

Дослідження ефективності впливу комплексних добрив на ріст, стан і масу саджанців *Catalpa bignonioides* проводили в умовах відкритого ґрунту впродовж 2024 року на території розсадника декоративних культур Державного біотехнологічного університету та в умовах приватного розсадника (м. Харків).

В експерименті було залучено три види добрив:

1. «Хуміфертак» (ТОВ «Фертчем», Іспанія) – комплексне органо-мінеральне добриво. Склад: N:P:K (%) – 6:12:10; гумінова кислота, органічний матеріал, мікроелементи: Zn, Fe, CO₂, SO₃, MgO; норма внесення – 50 г/м².

2. «Фуерза» (ТОВ «Фертчем», Іспанія) – комплексне добриво в мінігранулі з стимулятором росту. Склад: N:P:K (%) – 8:14:6; мікроелементи: SO₃, CaO, Mg, Fe, Zn; гуміновий екстракт, L – амін. к-ти; норма внесення – 10 г/м².

3. «ДюраСОП» (ТОВ «Фертчем», Іспанія) – комплексне гранульоване добриво з мікроелементами на матричній основі. Склад: N:P:K (%) – 20:5:10; мікроелементи: SO₃, CaO, Mg, Mn, Zn, B, Fe; норма внесення – 50 г/м².

Контрольний варіант – саджанці катальпи, вирощені без застосування добрив.

Упродовж вегетаційного періоду проведено двократне внесення добрив з їх наступною заробкою в ґрунт (перше внесення – I декада червня, друге – III декада липня). Облікові ділянки закладали у такий спосіб, щоб кількість рослин в кожному варіанті дослідів становила не менше 30.

Ефективність застосування добрив під час вирощування саджанців катальпи оцінювали за біометричними показниками та станом рослин. Із цією метою в 30 саджанців кожного варіанта відмивали коріння від залишків ґрунту, вимірювали висоту надземної частини (см), діаметр кореневої шийки (мм), визначали масу (г) кореневої частини у повітряно-сухому стані. Повітряно-суху масу визначали після висушування зразків до повітряно-сухої маси у лабораторній шафі.

Діаметр крони визначали опусканням умовних перпендикулярів уздовж і впоперек ряду з вимірюванням відстані між ними. Площу проекції крони обчислювали за формулою 1:

$$S = 0,196 \times (D_1 + D_2)^2, \quad (1)$$

де S – площа проекції крони, м²;
0,196 – перевідний коефіцієнт;
D₁ – діаметр крони уздовж ряду, м;
D₂ – діаметр крони впоперек ряду, м.

Наприкінці вегетаційного періоду 2024 року проводили візуальну оцінку стану саджанців катальпи за власною бальною шкалою, яка містить п'ять категорій: 1-ша категорія (1 бал) – здорові саджанці (без видимих ознак пошкодження); 2-га категорія (2 бали) – ослаблені саджанці (крона середньої густоти, листя зелене, приріст зменшений не більше ніж на 1/2 нормального; незначні пошкодження коріння або стовбура); 3-тя категорія (3 бали) – значно ослаблені саджанці (крона ажурна, листя дрібне, світло-зелене; приріст незначний або відсутній); 4-та категорія (4 бали) – рослини, що всихають (крона дуже ажурна, приріст відсутній, листя дуже дрібне, жовтіє, всохло або всихає більше ніж на 2/3 крони; механічні пошкодження стовбура або коренів, нахилом нижньої та середньої частин стовбура понад 30 градусів від вертикальної осі, а також з дугоподібно зігнутими стовбурами); 5-та категорія (5 балів) – сухі саджанці (листя засохло або відсутнє; саджанці із зламаним стовбуром). Стан оцінено для 30 сіянців кожного із варіантів. Індекс стану Іс для кожного з варіантів розраховували як середнє зважене.

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 [24].

Результати дослідження та обговорення. Використання комплексних добрив позитивно впливає на зовнішній вигляд саджанців *C. bignonioides*. В результаті досліджень виявлено відмінності в розвитку надземної частини рослин в контрольному і дослідних варіантах. Зокрема, під впливом двократного підживлення комплексними добривами, наприкінці вегетаційного періоду у всіх дослідних варіантах спостерігали зменшення кількості рослин з некротичними пошкодженнями листової поверхні. В усіх варіантах дослідів відмічено значне збільшення кількості листків на новоутворених пагонах відносно контролю.

Результати досліджень показали, що значення середньої висоти й середнього діаметра чотирирічних саджанців катальпи бігнонієвидної є суттєво більшими у варіантах, де проведено підживлення комплексними добривами (табл. 1).

Після проведення замірів, наприкінці вегетаційного періоду, в усіх варіантах дослідів спостерігали інтенсивний ріст надземної

частини рослин. Біометричні показники саджанців катальпи бігніонієвидної за підживлення комплексними добривами достовірно перевершували контроль як за середньою висотою, так і середнім діаметром в усіх дослідних варіантах.

Різниця за середньою висотою саджанців між дослідними варіантами та контролем становила 17–41 % або 12,4–30,5 см. Результати проведених досліджень з визначення впливу підживлення саджанців катальпи комплексними добривами на показники середнього діаметра вказують на суттєву різницю. Саджанці, які підживлювали, мали більший діаметр кореневої шийки порівняно з контрольними, різниця становила – 28–78 % або 0,5–1,4 мм.

Для підтвердження статистичної достовірності отриманих результатів було проведено статистичний аналіз із використанням критерію Стюдента. Показник t для всіх варіантів дослідів був більшим критичного значення (табл. 1), за рівня значущості $t_{0,001}$, що свідчить про статистичну достовірність отриманих результатів.

Середня висота чотирьох річних саджанців катальпи достовірно перевершувала контроль в усіх варіантах застосування добрив: Хуміфертак 50 г/м² ($t_{\text{факт}} = 5,39$; $t_{0,001} = 3,65$), у варіанті застосування Фуерза 10 г/м²

($t_{\text{факт}} = 7,36$; $t_{0,001} = 3,65$) і ДюраСОП 50 г/м² ($t_{\text{факт}} = 7,81$; $t_{0,001} = 3,65$).

Зіставлення впливу на діаметр кореневої шийки саджанців катальпи у досліді за підживлення комплексними добривами свідчить, що цей показник достовірно перевершував контроль в усіх варіантах застосування добрив: Хуміфертак 50 г/м² ($t_{\text{факт}} = 4,10$; $t_{0,001} = 3,65$), у варіанті застосування Фуерза 10 г/м² ($t_{\text{факт}} = 5,04$; $t_{0,001} = 3,65$) і ДюраСОП 50 г/м² ($t_{\text{факт}} = 6,06$; $t_{0,001} = 3,65$).

Результати отримані під час замірів показали, що в усіх варіантах дослідів відбувався інтенсивний ріст надземної частини рослин. Застосування комплексних мінеральних добрив під час вирощування саджанців *C. bigonioides* у відкритому ґрунті привело до достовірного збільшення біометричних показників рослин.

Основним показником сприятливою впливу застосованих мінеральних добрив на ростові якості саджанців *C. bigonioides* є показники приросту рослин у висоту. Зокрема, рослини із дослідів мали суттєво більші показники приросту на відміну від рослин на контролі (табл. 2).

Приріст поточного вегетаційного періоду на рослинах, що не підживлювали комплексними добривами (контрольна ділянка), відмічено на рівні 11,8 см.

Таблиця 1 – Біометричні показники саджанців катальпи бігніонієвидної за підживлення комплексними добривами

Варіант дослідів	Доза внесення препарату, г/м ²	Середня висота, см			Середній діаметр, мм		
		$M \pm m$	% до контролю	t_{ϕ}	$M \pm m$	% до контролю	t_{ϕ}
Контроль	–	71,7±1,3	100	–	1,8±0,07	100	–
Хуміфертак	50	84,1±1,9	117,3	5,39	2,3±0,10	128	4,10
Фуерза	10	91,8±2,4	128,0	7,36	2,5±0,12	139	5,04
ДюраСОП	50	101,6±3,6	141,7	7,81	3,2±0,22	178	6,06

Примітка: $t_{\text{факт}}$ – t -критерій Стюдента, ($t_{0,001} = 3,65$; $df = 30$).

Таблиця 2 – Показники приросту саджанців та маси коріння катальпи бігніонієвидної за підживлення комплексними добривами

Варіант дослідів	Приріст, см			Маса коріння		
	$M \pm m$	% до контролю	t_{ϕ}	$M \pm m$	% до контролю	t_{ϕ}
Контроль	11,8±0,6	100	3,65	11,8±0,24	100	3,65
Хуміфертак	20,8±1,4	176,3	5,91	13,4±0,56	113,6	1,04
Фуерза	26,7±2,7	226,3	5,39	12,9±0,59	109,3	0,69
ДюраСОП	32,1±3,1	272,0	6,43	15,8±1,13	133,9	1,49

Примітка: t_{ϕ} – t -критерій Стюдента, ($t_{0,001} = 3,65$; $df = 30$).

Проведеними дослідженнями встановлено, що показники приросту саджанців достовірно перевершували контроль в усіх варіантах застосування добрив: Хуміфертак 50 г/м² (20,8 см, або 226,3 % до контролю; $t_{\text{факт}}=5,91$), у варіанті застосування Фуерза 10 г/м² (26,7 см, або 125 % до контролю; $t_{\text{факт}}=5,39$) і ДюраСОП 50 г/м² (32,1 см або 272 % до контролю; $t_{\text{факт}}=6,43$).

Як висновок можна зазначити, що використання комплексних добрив справляє позитивний вплив на збільшення ростової активності рослин, однак, на нашу думку, дослід потрібно продовжити з метою вивчення здатності надвеликих пагонів переносити низькі температури взимку та заморозки навесні.

Приживлюваність рослин після пересаджування є одним з головних чинників, що визначає інтенсивність використання рослин в зеленому будівництві. На ступінь приживлюваності рослини після пересаджування на-самперед впливає показник маси коріння.

У зв'язку з цим було проведено дослідження щодо впливу застосованих мінеральних добрив на показники маси коренів.

Слід зазначити, що основна маса коренів знаходилася у верхньому, забезпеченому поживними речовинами, шарі ґрунту. На жаль, у зв'язку з частим обривом центрального та бічного коріння під час викопування саджанців, дані стосовно маси коріння можуть бути дещо занижені.

Результати досліджень показали, що найбільшу середню масу коріння мали саджанці у варіантах застосування мінерального добрива ДюраСОП 50 г/м² (15,8 г або 133,9 % до контролю), дещо менші показники було отримано у варіанті з добривом Хуміфертак 50 г/м² (13,4 г або 113 % до контролю) та Фуерза 10 г/м² (12,9 г або 109,3 % до контролю). Різниця за масою коренів у різних варіантах застосування мінеральних добрив не є статистично достовірною.

Під час вирощування саджанців для озеленення важливим показником є загальна архітектоніка крони, адже вона впливає на різні аспекти розвитку рослин, а саме акумулювання сонячної енергії, індукцію квіткових бруньок тощо.

Архітектоніка дерев є генетично керованою ознакою, на неї можуть впливати місце посадки, температурний та світловий режим, вітер, ґрунтові умови тощо. Тому, одним із завдань дослідження є перевірка гіпотези про наявність закономірності впливу використання різних мінеральних добрив на архітектоніку крони *C. bignonioides*.

Одним із показників, за яким можна оцінити вплив добрив на архітектоніку крони рослини є площа проєкції крони.

Аналіз даних, наведених в таблиці 3, показує, що ширина крони чотирирічних саджанців катальпи уздовж і впоперек ряду була більшою за контрольні значення, в усіх дослідних варіантах. Площа проєкції крони чотирирічних саджанців перевищувала контрольні показники у варіантах використання добрив від 74,8 до 132,7 %.

Проаналізовані результати дозволяють стверджувати про якісний вплив обраних в дослід добрив. Зокрема, використання добрива ДюраСОП під час вирощування садивного матеріалу *C. bignonioides* приводить до максимальної інтенсифікації ростових процесів у рослин, а саме спостерігається рівномірний ріст за висотою, діаметром стовбура та площею проєкції крони впродовж всього періоду спостережень.

Розподіл саджанців *C. bignonioides* за категоріями стану (табл. 4) свідчить про домінування саджанців 1 категорії в усіх дослідних варіантах. Це саджанці без видимих ознак пошкодження листкової пластинки, з мінімальною наявністю некрозів на нижньому листі. Їхня частка, залежно від варіантів, становила 70–77 % від загальної кількості облікованих рослин. У другій категорії життєвого стану (ослаблені саджанці), найбільший відсоток від загальної кількості рослин виявлено у варіанті з використанням добрива Хуміфертак (26,7 %). Кількість рослин другої категорії життєвого стану в інших дослідках становить 16,7 %. Значно менше саджанців оцінено показниками 3-ї категорії стану. Частка рослин в дослідках за цією категорією становила на рівні 3–10 %.

Таблиця 3 – Площа проєкції крони саджанців катальпи бігніонієвидної в досліді з використанням комплексних добрив

Варіант досліді	Ширини крони уздовж ряду (м)	Ширина крони впоперек ряду (м)	Площа проєкції крони	
			(м ²)	% до контролю
Контроль	0,28	0,31	0,068	100
Хуміфертак	0,37	0,41	0,119	174,8
Фуерза	0,38	0,50	0,152	222,5
ДюраСОП	0,41	0,49	0,159	232,7

Таблиця 4 – Розподіл саджанців *C. bignonioides* за категоріями стану (%) та індекс стану (Ic) в досліді з використанням комплексних добрив

Дослідний варіант	Кількість облікованих рослин в досліді	Категорія стану саджанців					
		1	2	3	4	5	Ic
Контроль	30	4	20	5	1	0	II,1
Хуміфертак	30	21	8	1	0	0	I,33
Фуерза	30	22	5	3	0	0	I,37
ДюраСОП	30	23	5	2	0	0	I,30

У контрольному варіанті максимальна кількість саджанців оцінено показниками 2-ї та 3-ї категорій стану; їхня частка становила відповідно 16,7 і 66,7 % від загальної кількості.

Індекс стану (Ic) саджанців контрольної ділянки наприкінці вегетації становив II,1 бали, (крона середньої густоти, листя зелене, приріст зменшений не більше ніж на 1/2 нормального; незначні пошкодження коріння або стовбурів). Індекс стану саджанців катальпи з двократним внесенням комплексних мінеральних добрив становив наприкінці вегетаційного періоду 1,30–1,37 бали.

Висновки. На підставі отриманих результатів досліджень доведена можливість успішного вирощування садивного матеріалу *C. bignonioides* інтенсивними методами в умовах відкритого ґрунту на території розсадника декоративних культур Державного біотехнологічного університету. Використання обраних в дослід комплексних мінеральних добрив дозволяє отримувати якісний садивний матеріал *C. bignonioides* з високим рівнем виживаності.

Результати досліджень свідчать про доцільність застосування запропонованих комплексних добрив для інтенсифікації росту саджанців катальпи у нормах, рекомендованих виробником, під час їхнього вирощування в умовах відкритого ґрунту.

Дослідження показали, що використання мінеральних добрив має значний вплив на ріст і розвиток саджанців. Найбільш ефективним добривом було комплексне гранульоване мінеральне добриво з мікроелементами ДюраСОП. Двократне внесення цього добрива приводить до суттєвого збільшення висоти сіянців у середньому на 41,7 %, діаметра кореневої шийки – на 78 % та приросту культур за висотою – на 72 %.

Зв використання добрив покращується маса коренів. Результати досліджень показали, що найбільшу середню масу коріння мали саджанці у варіантах застосування мінераль-

ного добрива ДюраСОП. Збільшення маси коріння у досліді становило 33,9 % від показників отриманих на контрольній ділянці.

Площа проєкції крони чотирирічних саджанців катальпи бігтонієвидної, у варіанті з використанням добрива ДюраСОП перевищувала контрольні значення на 132,7 %. Це свідчить, що застосування у виробництві комплексного гранульованого мінерального добрива з мікроелементами ДюраСОП для інтенсифікації отримання садивного матеріалу є перспективним.

За порівняння ефективності застосування комплексних добрив, на показники індексу стану рослини, можемо впевнено стверджувати про їх позитивний вплив. Індекс стану саджанців катальпи з двократним внесенням комплексних мінеральних добрив наприкінці вегетаційного періоду значно перевищував показники отримані на контрольній ділянці.

На нашу думку, пошук та використання мінеральних добрив має стати одним із головних елементів інтенсивних технологій за вирощування садивного матеріалу деревних рослин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисова В.В. Вплив обробки сходів препаратом «катлет» на розвиток сіянців сосни звичайної та подальший їх ріст у культурах. Лісівництво і агролісомеліорація. 2008. Вип. 112. С. 179–184.
2. Булат А.Г. Дослідження етіології порушення асиміляційного апарату *Catalpa Bignonioides* за різного ступеню урбанізованого середовища. Лісівництво, перероблення деревини та землевпорядкування: здобутки, стан і перспективи: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Харків: ДБТУ, 2024. С. 146–148.
3. Булат А.Г. Порівняння морфометричних показників рослин *Catalpa bignonioides* Walt. за різних умов урбогенного навантаження. Збірник наукових праць Уманського НУС. Вип. 105. Ч. 1. С. 73–83. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-73-83.
4. Вдовенко С.А., Матусяк М.В., Панцирева Г.В. Особливості вирощування садивного матеріалу модрина європейської інтенсивними

методами в умовах біостанціону ВНАУ. Збалансоване природокористування. 2023. № 3. С. 115–120. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287825

5. Вплив комплексних добрив на ріст, стан і масу однорічних сіянців дуба звичайного в ДП "Харківська ЛНДС" / Н.Ю. Висоцька та ін. Лісівництво і агролісомеліорація. 2022. Вип. 141. С. 88–94. DOI: 10.33220/1026-3365.141.2022.88.

6. Власенко М.Ю., Києнко З.Б., Петренко С.Д. Шляхи підвищення ефективності невисоких норм мінеральних добрив. Картоплярство України. 2007. № 3/4 (8/9). С. 38–45.

7. Гром М.М. Стимулювання росту лісових культур ювенільного віку внесенням мінеральних добрив на заході Лісостепу. Науковий вісник УкрДЛТУ. Львів, 2005. Вип. 15.1. С. 29–34.

8. Гузь М.М., Гузь М.М. Сучасний стан та перспективи інтенсифікації вирощування лісового садивного матеріалу. Збірник науково-технічних праць НЛТУУ. Львів, 2008. Вип. 18.11. С. 84–92.

9. Даниленко О.М., Тарнопільський П.Б., Гладун Г.Б. Удосконалення технології вирощування сіянців дуба звичайного із закритою кореневою системою. Лісівництво і агролісомеліорація. 2015. Вип. 126. С. 158–164.

10. Використання «Рокогуміну» для вирощування садивного матеріалу дуба звичайного / О.М. Даниленко та ін. Лісівництво і агролісомеліорація. 2016. Вип. 129. С. 93–99.

11. Даниленко О.М., Ющик В.С., Румянцев М.Г. Ефективність застосування стимуляторів росту рослин під час створення лісових культур сосни звичайної у ДП «Харківська ЛНДС». Лісівництво і агролісомеліорація. 2024. Вип. 144. С. 69–79. DOI: 10.33220/1026-3365.144.2024.69.

12. Дульнев П.Г., Калініченко О.А., Яворовський П.П. Елементи технології вирощування сіянців сосни кримської з використанням комплексного мінерального добрива на основі вуглеамонійних солей і стимулятора росту "Триман – 1". Агроекологічний журнал. 2002. № 4. С. 34–37.

13. Кімейчук І.В., Горновська С.В. Особливості вирощування садивного матеріалу та використання добрив у філії «Білоцерківське лісове господарство». Вісник Малинського фахового коледжу. 2023. № 2. С. 72–100. DOI: 10.62466/2786-9350-2023-1-7

14. Косенко Ю.І. Сучасні проблеми виробництва та використання декоративного садивного матеріалу деревних рослин в Україні. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 164. Ч. 2. С. 243–246.

15. Косенко Ю.І. Сучасний стан декоративного розсадництва України та перспективи його розвитку. Український журнал лісівництва та дервинознавства. 2017. Вип. 266. С. 170–177.

16. Кульбичкий В.Л. Оцінка успішності інтродукції катальпи в умовах культури Правобережного Лісостепу України. Збірник науково-технічних праць НЛТУУ. Львів, 2006. Вип. 16.3. С. 21–25.

17. Кухарська М.О. Особливості розмноження представників роду *Catalpa Scop.* зеленими живцями. Науковий вісник НЛТУ України. Київ, 2008. Вип. 18.12. С. 244–249.

18. Кухарська М.О. Оцінка успішності інтродукції видів роду *Catalpa Scop.* в умовах міста Києва. Наук. вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2010. № 152. Ч. 1. С. 110–115.

19. Кухарська М.О. Біологічні та екологічні особливості видів роду *Catalpa Scop.* і перспективи їх використання в озелененні м. Києва: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Київ, 2011. 20 с.

20. Схожість, збережуваність і стан сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), вирощених у контейнерах / О.І. Лялін та ін. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т. 30. № 2. С. 44–48. DOI: 10.36930/40300208

21. Маурер В.М., Косенко Ю.І., Бут А.А. Декоративне розсадництво України: сучасний стан, проблеми та перспективи. РВЦ НУБіП України. Київ, 2016. 211 с.

22. Patsyryeva H.V., Myalkovsky R.O., Yasinetska I.A., Prokopchuk V.M. Productivity and economical appraisal of growing raspberry according to substrate for mulching under the conditions of podilia area in Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10 (1). P. 210–214. DOI: 10.15421/2020_33.

23. Пузріна Н.В., Бойко Г.О. Сучасні методи інтенсифікації вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Науковий вісник НУБіП України. 2014. Вип. 198. С. 209–214.

24. Ромакін В.В. Комп'ютерний аналіз даних: навч. посіб. Миколаїв: Видавництво МДГУ ім. Петра Могили, 2006. 144 с.

25. Томашук О.П., Голуб В.О., Голуб С.М. Еколого-біологічні особливості застосування регуляторів росту при вирощуванні сосни звичайної в умовах лісового розсадника. Актуальні проблеми хімії, матеріалознавства та екології: матеріали I Міжнародної наукової конференції. Луцьк, 2022. 123 с.

26. Юхновський В.Ю., Урлюк Ю.С., Головецький М.П., Середа І.Л. Вплив органічного добрива "Достаток" на приживлюваність і ріст соснових культур. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28. № 3. С. 62–66. DOI: 10.15421/40280313

27. Яворовський П.П. Застосування добрив і поливів при вирощуванні деревних рослин у розсаднику та в озеленувальних насадженнях. Лісове і садово-паркове господарство. 2013. № 3. С. 90–102.

REFERENCES

1. Borisova, V.V. (2008). Vplyv obrobky skhodiv preparatom «atlet» na rozvytok siyantsiv sosny zvychnoyi ta podal'shyu yikh rist u kul'turakh [Influence of sprout treatment with preparation «Athlete» on development of *pinus sylvestris* L. seedlings

and their further growth in plantations]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya* [Forestry and Forest Melioration]. Issue 112, pp. 179–184.

2. Bulat, A.G. (2024). Doslidzhennya etiologii porushennya asymilyatsynoho aparatu *Catalpa Bignonoides* za riznogo stupenyu urbanizovanoho sere-dovysheha [Study of the etiology of disruption of the assimilation apparatus of *Catalpa Bignonoides* under different degrees of urbanized environment]. *Lisivnytstvo, pereroblyannya derevyny ta zemlevpor-yadkuvannya: zdobutky, stan i perspektyvy: materialy Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Forestry, wood processing and land management: achievements, status and prospects: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Kharkiv, DBTU, pp. 146–148.

3. Bulat, A.G. (2024). Porivnyannya morfometrychnykh pokaznykiv roslin *Catalpa bignonoides* Walt. za riznykh umov urbohennoho navantazhennya [Comparison of morphometric parameters of *Catalpa Bignonoides* 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

4. Vdovenko, S.A., Matusiak, M.V., Pantsyрева, H.V. (2023). Osoblyvosti vyroshchuvannya sadyvnoho materialu modryny yevropeys'koyi intensyvnymy metodamy v umovakh biostatystychnykh VNAU [Features of growing plantation material of European larch by intensive methods in the conditions of the biostation of VNAU]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya* [Balanced nature using]. no. 3, pp. 115–120. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287825.

5. Vysotska, N.Yu., Danylenko, O.M., Rumiantsev, M.H., Tarnopil'skyi, P.B., Yushchuk, V.S., Mostepaniuk, A.A., Reho, M.Z. (2022). Vplyv kompleksnykh dobryv na rist, stan i masu odnorichnykh siyantsiv duba zvychnaynogo v DP "Kharkivs'ka LND" [Influence of multi-nutrient fertilizers on the growth, state and mass of one-year-old English oak seedlings in Kharkiv Forest Research Station]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya* [Forestry and Forest Melioration]. Issue 141, pp. 88–94. DOI: 10.33220/1026-3365.141.2022.88.

6. Vlasenko, M.Yu., Kyienko, Z.B., Petrenko, S.D. (2007). Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti nevysokykh norm mineral'nykh dobryv [Ways to improve the efficiency of low rates of mineral fertilizers]. *Kartoplyarstvo Ukrayiny* [Potato growing in Ukraine]. no 3/4 (8/9), pp. 38–45.

7. Hrom, M.M. (2005). Stymulyuvannya rostu lisovykh kul'tur yuvenil'noho viku vnesennyam mineral'nykh dobryv na zakhodi Lisostepu [Stimulating the growth of juvenile forest plantations by applying mineral fertilizers in the Western Forest-Steppe]. *Naukovyy visnyk UkrDLTU* [Scientific Bulletin of UNFU]. Issue 15(1), pp. 29–34.

8. Guz, M.M., Guz, M.M. (2008). Suchasnyy stan ta perspektyvy intensyfikatsiyi vyroshchuvannya lisovoho sadyvnoho materialu [Current status and perspectives of intensification in growing of forest

seedlings]. *Zbirnyk naukovykh prats' NLTUU* [Scientific Bulletin of UNFU]. Issue 18(11), pp. 84–92.

9. Danilenko, O.M., Tarnopil'skyi, P.B., Gladun, G.B. (2015). Udoshkonalennya tekhnolohiyi vyroshchuvannya siyantsiv duba zvychnaynogo iz zakrytoyu korenevoyu systemoyu [Improvement of containerized oak seedlings cultivation technology]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya* [Forestry and Forest Melioration]. Issue 126, pp. 158–164.

10. Danilenko, O.M., Tarnopil'skyi, P.B., Gladun, G.B., Gupal, V.V., Volkov, P.O., Kosatiy, D.M., Samoylov, P.V. (2016). Vykorystannya «Rokohuminu» dlya vyroshchuvannya sadyvnoho materialu duba zvychnaynogo [The use of "Rokohumin" for *Quercus robur* L. planting material growing]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya* [Forestry and Forest Melioration]. Issue 129, pp. 93–99.

11. Danylenko, O.M., Yushchuk, V.S., Rumiantsev, M.H. (2024). Efektyvnist' zastosuvannya stymulyatoriv rostu roslin pid chas stvorennya lisovykh kul'tur sosny zvychnoyi u DP «Kharkivs'ka LND» [Effectiveness of the use of plant growth stimulants when creating scots pine forest plantations in Kharkiv forest research station]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya* [Forestry and Forest Melioration]. Issue 144, pp. 69–79. DOI: 10.33220/1026-3365.144.2024.69.

12. Dulnev, P.G., Kalinichenko, O.A., Yavorovskiy, P.P. (2002). Elementy tekhnolohiyi vyroshchuvannya siyantsiv sosny kryms'koyi z vykorystannyam kompleksnoho mineral'noho dobryva na osnovi vuhleamoniynykh soley i stymulyatora rostu "Tryman – 1" [Elements of the technology of growing Crimean pine seedlings using a complex mineral fertilizer based on carbon-ammonium salts and the growth stimulator "Trimman-1"]. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological Journal]. no. 4, pp. 34–37.

13. Kimeichuk, I.V., Gornovska, S.V. (2023). Osoblyvosti vyroshchuvannya sadyvnoho materialu ta vykorystannya dobryv u filiyi «Bilotserkivs'ke lisove hospodarstvo» [Peculiarities of growing planting material and using fertilizers at the «Bila tserkva forestry» branch]. *Visnyk Malyn's'koho fakholovoho koledzhu* [Bulletin of Malyn applied college]. no. 2, pp. 72–100. DOI: 10.62466/2786-9350-2023-1-7

14. Kosenko, Yu.I. (2011). Suchasni problemy vyrobnytstva ta vykorystannya dekoratyvnoho sadyvnoho materialu derevnykh roslin v Ukrayini [Modern problems of production and use of ornamental plant material of wood plants in Ukraine]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny* [Scientific herald of the National university of bioresources and nature management of Ukraine]. Issue 164 (2), pp. 243–246.

15. Kosenko, Yu.I. (2017). Suchasnyy stan dekoratyvnoho roszadnytstva Ukrayiny ta perspektyvy yoho rozvytku [Modern condition of decorative nursery of Ukraine and prospects of its development]. *Ukrayins'kyi zhurnal lisivnytstva ta derevynoznavstva* [Ukrainian Journal of Forest and Wood Science]. Issue 266, pp. 170–177.

16. Kulbickij, V.I. (2006). Otsinka uspishnosti introduktsiyi katal'py v umovakh kul'tury Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [The evaluation of the introduction success of Catalpa in the conditions of culture of right-bank forest-steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh tekhnichnykh prats' NLTUU [Scientific Bulletin of UNFU]. Issue 16(3), pp. 21–25.
17. Kuharska, M.O. (2008). Osoblyvosti rozmnozheniya predstavnykiv rodu Satalpa Scop. zeleny zhyvtsyamy [Peculiarities of reproduction of representatives of the genus Catalpa Scop. green cuttings]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Issue 18.12, pp. 244–249.
18. Kuharska, M.O. (2010). Otsinka uspishnosti introduktsiyi vydiv rodu Catalpa Scop. v umovakh mista Kyieva [Evaluation of the success of the introduction of species of the genus Catalpa Scop. in the conditions of the city of Kyiv]. Nauk. visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny [Science Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. no. 152, part 1, pp. 110–115.
19. Kuharska, M.O. (2011). Biologichni ta ekolohichni osoblyvosti vydiv rodu Catalpa Scop. i perspektyvy vykorystannya v ozelenenni m. Kyieva: avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.03.01 [Biological and ecological features of species of the genus Catalpa Scop. and their prospective use in the landscaping of Kyiv: extended abstract of PhD thesis: 06.03.01]. Kyiv, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 20 p.
20. Lialin, O.I., Tarnopilska, O.M., Tkach, L.I., Musiienko, S.I., Bondarenko, V.V. (2020). Skhozhist', zberezhuvanist' i stan siyantsiv sosny zvychnoyi (Pinus sylvestris L.), vyroshchennykh u konteynerakh [Similarity, preservation and condition of Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings grown in containers]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 30, no. 2, pp. 44–48.
21. Maurer, V.M., Kosenko, Yu.I., But, A.A. (2016). Dekorativne rozsadnytstvo Ukrayiny: suchasnyy stan, problemy ta perspektyvy [Decorative nurseries of Ukraine: current state, problems and prospects]. RVTS NUBiP Ukrayiny [RVC NUBiP of Ukraine]. 211 p.
22. Pantsyreva, H.V., Myalkovsky, R.O., Yasinetska, I.A., Prokopchuk, V.M. (2020). Productivity and economical appraisal of growing raspberry according to substrate for mulching under the conditions of podilia area in Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. Vol. 10 (1), pp. 210–214. DOI: 10.15421/2020_33.
23. Puzrina, N.V., Boyko, H.O. (2014). Suchasni metody intensyfikatsiyi vyroshchuvannya sadyvnoho materialu sosny zvychnoyi (Pinus sylvestris L.) [Modern methods of intensification of growing planting material of Scots pine (Pinus sylvestris L.)]. Naukovyy visnyk NUBiP Ukrayiny [Scientific Herald of NULES of Ukraine]. Issue 198(2), pp. 209–214.
24. Romakin, V.V. (2006). Komp'yuternyy analiz danykh: navch. posib. [Computer data analysis: Tutorial]. Mykolaiv, MDHU im. Petra Mohyly, 144 p.
25. Tomashuk, O.P., Holub, V.O., Holub, S.M. (2022). Ekoloho-biologichni osoblyvosti zastosuvannya rehulyatoriv rostu pry vyroshchuvanni sosny zvychnoyi v umovakh lisovoho rozsadnyka [Ecological and biological features of the use of growth regulators when growing Scots pine in the conditions of a forest nursery]. Aktual'ni problemy khimiyi, materialoznavstva ta ekolohiyi: materialy I Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi [Actual problems of chemistry, materials science and ecology: materials of the 1st International Scientific Conference]. Lutsk, Volyn National University named after Lesya Ukrainka, 123 p.
26. Yuhnovskiy, V.Yu., Urliuk, Yu.S., Holovetskiy, M.P., Sereda, I.L. (2018). Vplyv orhanichnoho dobrovya "Dostatok" na pryzhyvlyuvanist' i rist sosnovykh kul'tur [Impact of organic fertilizer «Dostatok» on the survival and growth of pine plantations]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny [Scientific Bulletin of UNFU]. no. 28(3), pp. 62–66. DOI: 10.15421/40280313
27. Yavorovskiy, P.P. (2013). Zastosuvannya dobrov v i polyviv pry vyroshchuvanni derevnykh roslin u rozsadnyku ta v ozelenyuvannykh nasadzhennyakh [Application of fertilizers and irrigation in the cultivation of woody plants in the nursery and in landscaping]. Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo [Forestry and Horticulture]. no. 3, pp. 90–102.

Modern methods of intensification of growing of planting material *Catalpa bignonioides* Walter.

Bulat A.

Intensification of landscape gardening in settlements determines the widespread use of introduced woody plants to create landscape compositions for various functional purposes. *Catalpa bignonioides* Walt is increasingly appearing in park areas and alley plantings in Kharkiv. Thus, the issue of production intensification of *Catalpa bignonioides* planting material requires a detailed study, and such research is important both scientifically and practically.

The purpose of the presented article is to determine the feasibility of using modern complex mineral fertilizers in the cultivation of *catalpa bignonioides* planting material in an ornamental nursery.

An active experiment was carried out by means of visual observation, assessment of plants appearance in terms of their growth and development in the process of applying different types of mineral fertilizers, as well as measurement and recording of the obtained results of field data.

When comparing the effectiveness of complex fertilizers, it can be concluded that their use has a significant positive effect on plants. The use of complex mineral fertilizers selected in the experiment allows

to obtain high-quality *C. bignonioides* planting material with a high survival rate.

Studies have shown that the use of mineral fertilizers has a significant impact on the growth and development of seedlings. The most effective fertilizer was DuraSOP, a complex granular mineral fertilizer with trace elements. Double application of this fertilizer leads to a significant increase in seedling height by an average of 41.7 %, root collar diameter by 78 %, and crop height growth by 72 %.

The crown projection area of four-year-old seedlings of *Catalpa bignonioides* in the variant with the use of DuraSOP fertilizer, exceeded the control values by 132.7 %. This indicates that the use of complex granular mineral fertilizer with microelements DuraSOP in the production of planting material is promising.

Key words: complex mineral fertilizers, seedlings, crown projection area, condition index, biometric parameters.



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 581.5:477.4:712:630*182.21

Представники роду *Rhododendron* L. у дендроструктурі композиційних куртин Японського саду парку «Нова Софіївка» НДП «Софіївка» НАН України та їх семантична роль**Вегера Л.В.** , **Пономаренко В.О.** , **Музика Г.І.** ,
Бойко І.В. , **Гончар Н.О.** *Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України* **Вегера Л.В.** E-mail: lyudmila1vegera@gmail.com

Вегера Л.В., Пономаренко В.О., Музика Г.І., Бойко І.В., Гончар Н.О. Представники роду *Rhododendron* L. у дендроструктурі композиційних куртин Японського саду парку «Нова Софіївка» НДП «Софіївка» НАН України та їх семантична роль. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 239–253.

Vegera L., Ponovarenko V., Muzyka H., Boiko I., Gonchar N. Representatives of the genus *Rhododendron* L. in the dendrostructure of compositional clumps of the Japanese Garden of “Nova Sofiyivka” Park (NDP “Sofiyivka”, NAS of Ukraine) and their semantic role. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 239–253.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-239-253

Досліджено таксономічну дендроструктуру куртин у Японському саду парку «Нова Софіївка», створених за участю *Rhododendron* L., та з’ясовано їх композиційне і семантичне значення. Виявлено, що за участі видів і сортів *Rhododendron* створено чотири пейзажні куртини: Вхід до Японського саду, Внутрішній сад біля Чайної альтанки, Альтанка для медитацій і Сад каменів, Сад драконів. Встановлено, що пейзажні куртини сформовані деревами і кущами 36 видів і сортів, які належать до 12 родів і 10 родин. З них 7 родів дерева – (*Magnolia* L. (Magnoliaceae Juss.), *Acer* L. (Sapindaceae), *Liquidambar* L. (Altingiaceae), *Ginkgo* L. (Ginkgoaceae), *Pinus* L. (Pinaceae), *Taxodium* Rich. (Cupressaceae), *Sciadopitys* Siebold & Zucc. (Sciadopityaceae Lueres.), п’ять родів кущі – (*Cotoneaster* Medik. (Rosaceae), *Juniperus* L. (Cupressaceae), *Hydrangea* L. (Hydrangeaceae), *Spiraea* L. (Rosaceae), *Rhododendron* L. (Ericaceae). Представники роду *Rhododendron* займають панівне положення в таксономічній і кількісній структурі деревних насаджень композиційних куртин – понад 900 шт., які належать до 11 видів і сортів. З’ясовано, що у весняно-літніх пейзажах Японського саду рододендрони виконують роль колористичної домінанти, покращують естетичний фон складних композицій, сприяють формуванню позитивного емоційного стану та розширенню світосприйняття у відвідувачів парку, а саме – ознайомленню з природою східної країни і культурою її народу. Дослідження базувались на маршрутних візуальних обстеженнях та аналізі архівних схем і текстових документів. Використання та роль рододендронів у фітокомпозиціях аналізували за методиками І.О. Сидоренко (2008) та В.М. Кохановського (2020), рекомендаціями Р.Я. Кондратовича (1981) та власними результатами напрацювань і досліджень (Вегера, 2018).

Ключові слова: фентезі-парк «Нова Софіївка», Японський сад, таксономічна дендроструктура куртин, *Rhododendron* L., Правобережний Лісостеп України, семантичне значення, композиційна роль.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У світовій практиці садово-паркового будівництва тематика східних садів є однією з ключових [1]. У країнах Європи й Америки наприкінці XIX–початку XX ст. зросла зацікавленість культурою Сходу, зокрема і японськими садами. За розмірами вони можуть займати як невеликі ділянки, обладнані у японському стилі, так і території у декілька гектарів. Прикладом садів, створених у різних куточках світу, які передають повний колорит японської культурної традиції, можуть бути: Tea Garden в м. Сан-Франциско, США; Japanse Tuin в м. Хасселт, Бельгія; Ju Raku En Japanese Garden в м. Тувумба, Австралія; Japanese Garden of Contemplation в м. Гамільтон, Нова Зеландія; Japanischer Garten Kaiserslautern в м. Кайзерслаутерн, Німеччина [1–3].

Японське ландшафтне планування в своїй основі має релігійні витоки, спрямовані на самовдосконалення через максимальне зосередження, самоспоглядання та спостереження за навколишньою природою. Незважаючи на різноманітні модифікації простору, всі елементи саду (камінь, рослинність, вода тощо) і форми відображують духовно-культурні традиції японського народу [1, 2, 4–7]. Сенсорне сприйняття рослин, а саме їх обриси, колір, форми і відчуття запаху, які виникають за споглядання, є основним критерієм добору асортименту для японських садів [4–6].

Рослинний світ в Японії, сформований впродовж тисячоліть, сповнювався потаємним значенням, часто запозиченим у населення сусідніх країн. Вагоме значення в садах Японії приділяється символіці рослин як образу, що втілює певну ідею [2, 4, 7]. З грецької «symbolon» означає «поєднувати», тобто поєднання в одному світі видимої і невидимої сторін, сенсу понять і явищ [8]. Ознайомлення з символами рослин сприяє глибшому розумінню саду, допомагає проникнутись його образами. До прикладу, квітучі *Prunus* subg. *Cerasus* – ендемічні рослини Японських островів, для населення є символом стійкості, чистоти і благополуччя, а також жіночої молодості, краси і любові. Гібриди *Paeonia* × *suffruticosa* символізують чесність, порядність, знатність, багатство і весну. Представники роду *Pinus* L. – символ довголіття, вічності, стійкості, непохитності духу тощо [4, 10].

Зазвичай, рослини в японських садах символізують пори року [2, 4, 10]. Якщо початок цвітіння сакури нагадує про прихід

весни і доцільність розпочинати сільськогосподарські роботи, то осінь – період їх завершення, коли можна споглядати осінні барви природи – багрові, багряно-червоні, помаранчево-жовті листки – *Cercidiphyllum japonicum* Siebold & Zucc. ex J.J. Hoffm. & J.H. Schult., *Pieris japonica* (Thunb.) D. Don ex G. Don, *Liriodendron tulipifera* L., види і сорти *Acer* L., *Rhododendron* L. Чорні, помаранчеві, рожеві, червоні та сині плоди характерні для рослин родів *Ligustrum* L., *Pyracantha* M. Roem., *Euonymus* L., *Berberis* L., *Mahonia* Nutt., *Magnolia* L., *Cornus* subg. *Cornus*, *Crataegus* L. тощо. У зимовий період погляд відшукує зелені оригінально стрижені та правильні природні форми вічнозелених дерев і кущів *Pinus* L., *Platycladus* Spach, *Rhododendron* L., *Juniperus* L. тощо. До асортименту деревних рослин для сучасних японських садів окрім природної флори широко залучають адвентивну, здебільшого з Китаю і Кореї, де частка китайської флори становить 20 % [1, 9].

Рододендрони – одна з найбільш популярних груп рослин японських садів. Назва їх наділена змістом – (грец.) *rhodon* – троянда, *dendron* – дерево, тобто дерево-троянда [11]. За східними повір'ями рододендрони символізують щастя, любов, дружбу, вірність, а завдяки звабливому аромату квіток багатьох видів роду виступають символом жіночої краси і привабливості [8].

Представники роду *Rhododendron* мають тісний прихований зв'язок з загадковими подіями життя народів, які мешкають на територіях, де ростуть дикорослі види. Вони стали об'єктом оспівування їх в легендах, переказах, віршах тощо. Для прикладу, згадаємо деякі легенди з життя населення різних куточків світу, яке облюбувало ці оригінальні високодекоративні рослини. Відома легенда американського народу про ельфів, які нагородили непоказний у безлистому стані кущ рододендрона чарівними квітками за проявлену доброту і гостинність у захисті від негоди. Існує кавказька легенда про відношення ельфів до таємничої галюцигенної властивості запашних квітів азалії жовтої (*Rhododendron luteum* Sweet) у горах Колхиди. Отруйні властивості меду рододендрона жовтого стали причиною втрати свідомості войовничих греків, які підкорювали місцеві племена на Кавказі. Цікава легенда народів Забайкалля про закоханих Ніка і Багулію – дітей смертельно посварених вождів. Щоб довести, що любов сильніша за ворожнечу, вони піднялися на вершину скелі і зробили крок

у безодню. На місці розбитих тіл закоханої пари розпускаються небаченої краси квіти ранньоквітучого *Rhododendron dauricum* L., що є передвісником весни і символом оновлення [12].

Дикорослі рододендрони розповсюджені у різних куточках північної півкулі Землі. Відомо 7 основних ареалів їх походження (Гімалаї, Західний і Центральний Китай, Прибережні райони Китаю, Північно-Східна Азія, Японія, Європа, Північна Америка), де досліджено понад 800 видів *Rhododendron*. Нині тривають пошуки нових видів і декоративних форм, гібридів [3, 9, 13, 14]. За останні 200 років природна мінливість представників роду стала вихідним матеріалом для західних селекціонерів, які рекомбінували декоративні та адаптивні ознаки в нових гібридах, яких на сьогодні відомо понад 25 000 [13, 15, 16].

У практиці садово-паркового будівництва культурні локалітети дендроценозів за участю рододендронів досить широко відомі в європейсько-азійських країнах, на теренах американського континенту, де, завдячуючи високим адаптаційним властивостям, багато видів займають почесне місце в асортименті кущів для створення високодекоративних композицій. Діапазон їх використання надзвичайно широкий: озеленення громадського простору, прибудинкових територій, альпійських гірок, водойм, меморіальних зон тощо. Зазвичай вони розміщуються ландшафтними композиціями у вигляді масивів, алей, куртин, груп, бордюрів, живоплотів, солітерів. У садово-парковому будівництві для названих цілей придатні рододендрони різних життєвих груп [17, 18, 9, 14, 19].

Територія островів Японії, розміщених вздовж узбережжя Східної Азії, охоплює три кліматичні зони північної півкулі. Завдяки особливому гірському рельєфу (скелі, струмки, озера, пологі схили, відкриті вітрам морські береги) і вологому теплому клімату склались сприятливі умови для виникнення багатого рослинного різноманіття [20]. Тут виявлено ученими понад 60 видів роду *Rhododendron* [18, 15]. Перші згадування про японські види рододендронів датуються серединою XVII ст. і стосуються *Rhododendron obtusum* Hort. ex Wats. [18].

Наведено дані успішного культивування представників роду *Rhododendron* в південно-західних, західних та центральних регіонах України, зокрема в природних зонах Лісостепу, Полісся, передгірних Карпат тощо [17, 21, 11, 22]. Понад 100 видів *Rhododendron*

є цілком придатними для створення стійких паркових композицій в умовах України, а такі представники східно-азійської флори як *Rhododendron molle* subsp. *japonicum* (A.Gray) Kron, *Rhododendron obtusum* Planch., *Rhododendron makinoi* Tagg ex Nakai, *Rhododendron albrechtii* Maxim., *Rhododendron fortune* Lindl. можуть стати стійкими елементами дендроценозу парків і садів. Зазначені види, а також сорти, створені на їх основі (*Rhododendron obtusum*), стали популярними та зайняли почесне місце серед асортименту у садах і парках України [11, 16, 21, 23, 24].

Наразі в ботанічних установах України ідея демонстрації природної і культурної спадщини різних регіонів і народів Світу активно розробляється фахівцями Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка. Зокрема, в установі відбувся фестиваль «Ландшафтна весна-2017», присвячений Року Японії в Україні, в межах якого проводився конкурс «Японські мотиви в Ботсаду». Конкурс презентував 12 японських садів з різними концепціями. Одна з них – «Японський сад з українською душею», в якій відображено ставлення японського народу до природи як однієї з форм осягнення істини та показано подібність деяких складових японського та українського садів [10]. Національним ботанічним садом успішно втілюється рішення про створення на території ботанічного саду Садів Світу, в композиціях якого представлені унікальні етнічні ділянки з демонстрацією фіторізноманіття Тибетської природи і культури, Кореї, Індонезії, Австрії, розбудовуються Японський і Китайський сади [10, 27]. Зразком втілення традиції японського ландшафтного мистецтва в озелененні сучасного міста є парк Кіото у Києві, заснований у 1972 р. [2]. На прикладі парку Кіото розкрито об'єктивні підходи до визначення ландшафтно-просторових та художніх елементів в етнічних традиціях з урахуванням конкретних варіацій. Будівництво тематичних ділянок в ботанічних садах і парках України, зокрема японського саду, дотримуючись принципу мініатюризації їх простору, часто обмежується використанням лише традиційних елементів і об'єктів-символів [2, 5, 6].

Мета роботи полягала у дослідженні дендроструктури куртин за участю нових для колекції видів і сортів *Rhododendron* L. у Японському саду фентезі-парку «Нова Софіївка» та аналізі семантичної і композиційної ролі рододендронів у структурі насаджень Японського саду.

Дослідження дендроструктури куртин, до складу яких входять представники роду *Rhododendron* родини *Ericaceae* DC., ґрунтуються на попередніх дослідженнях біоекологічних особливостей *Rhododendron* в умовах південної частини Правобережного Лісостепу України, де всі представники роду – інтродуценти, та їх зв'язках з іншими деревними рослинами [21]. Аналіз біоекологічних особливостей рододендронів в умовах НДП «Софіївка» дозволить виділити найбільш стійкі елементи дендроструктури в композиційних куртинах етнічних східних садів в умовах антропогенно зміненого ландшафту, яким є НДП «Софіївка».

Матеріал і методи дослідження. Об'єктом досліджень була дендрофлора куртин Японського саду фентезі-парку «Нова Софіївка», у складі яких ростуть нові для парку види і сорти *Rhododendron*. Дослідження проведені методом маршрутних візуальних обстежень (2022–2023 рр.), аналізу дендроплану парку і текстових документів. Для ідентифікації рослин використано довідники [16, 23], анований каталог різновидів, культиварів і форм деревних голонасінних рослин [25]. Використання та роль рододендронів у фітокомпозиціях аналізували за методиками І. О. Сидоренко [17], В. М. Кохановського та ін. [26], рекомендаціями Р. Я. Кондратовича [18] та власними результатами напрацювань і досліджень [21].

Результати дослідження та обговорення. Прототипом етнічних садів в дендрологічному парку «Софіївка» в умовах півдня Правобережного Лісостепу України є фентезі-парк «Нова Софіївка», зокрема композиційні ділянки Українська садиба, Японський сад та інші.

У результаті окультурення захаращеної, прилеглої до південно-східної частини історичного ядра парку НДП «Софіївка» НАН України території, у 2019 році був побудований новий парк (пониззя Грекової балки вздовж русла річки Кам'янка, квартал № 50) [28]. З погляду культурфітоценології новий об'єкт відрізняється від попередніх тим, що створений на вільній від рослинного покриву території. Окрім річки на планування композиційних ділянок і ландшафту парку значно вплинули поверхневе залягання ґрунтових вод, наявність схилів та виходів на поверхню гранітів.

На прикладі «Нової Софіївки» втілена ідея демонстрації паркобудівниками різних напрямів садово-паркового мистецтва, об'єднаних в стилі «фентезі». «Фентезі» (англ.

fantasy – фантазія) – жанр літературного мистецтва ХХ ст., заснований на залученні міфологічно-фантастичних мотивів, героїв тощо [29]. З метою реалізації названого стилю на прикладі етнічної ділянки Японський сад площею 1,7 га розглянуто один з провідних напрямів етнографії – етноботаніка, зокрема, її духовно-культурний аспект, який передбачає поєднання рослинного різноманіття та світогляду населення [27].

Композиційна ділянка Японський сад в структурі об'єктів «Нової Софіївки» займає центральне положення [4]. У порівнянні з іншими вона має найбагатше флористичне різноманіття. Ярус деревних рослин становить лише 20 %; це дало змогу створити відкритий ландшафт, що добре проглядається з усіх видових точок. Безперечно, в умовах Правобережного Лісостепу України ми не можемо відтворити точну модель східного саду, однак, використовуючи типові для них елементи, форми, творцям парку вдалось відобразити сучасний стиль японського саду, передати етнічну культуру народу. Тут представлені характерні для японських садів основні елементи (альтанки, озеро, місток, камені, пагода і декоративні елементи, оригінальна рослинність тощо). Завдяки вмілому їх поєднанню та символізму, творцями розкрита основна ідея саду – гармонія і цілісність (рис. 1).

Нині питання добору асортименту рослин для японських садів, які створюють в екологічних умовах відмінних від умов Японії, вирішується завдяки селекції морозостійких гібридів, акліматизації рослин та використанню рослин-аналогів, подібних за кольором та абрисом листя, конфігурацією крони, можливістю застосування топіарної обробки, періодом та тривалістю цвітіння тощо [2, 7, 9, 20].

Аналізуючи асортимент деревних рослин деяких сучасних японських садів в умовах різних кліматичних зон, автори [7] відмічають, що, хоча в таких садах є важливим використання видів східної флори, фактично використовують близько половини видів рослин ботанічних родин місцевого походження. Такі сади не зовсім відповідають характеристикам східного саду та потребують оптимізації вже цілком адаптованими до регіону інтродуцентами. Цей підхід до вирішення питання озеленення японського саду в умовах нашого регіону сприяє забезпеченню стійкої потенційної життєздатності рослинного угруповання загалом.



Рис. 1. Фрагмент Японського саду фентезі-парку «Нова Софіївка», 2023 р.

Залежно від кліматичної зони, в якій розміщений культурний ареал, асортимент видового і родового різноманіття дендрофлори для створення Японських садів відрізняється [3, 7, 9]. На основі літературних досліджень та власних спостережень за біоекологічними особливостями інтродуцентів, їх семантичним значенням [4, 7, 8, 9, 11, 16, 21, 23, 24] встановлено таксономічний склад стійких деревних порід для японських садів в умовах Правобережного Лісостепу України. Багаторічний досвід роботи з інтродуцентами, як елементами східних садів, дозволяє рекомендувати для деревного ярусу дендроценозів японських садів такі таксони: *Acer palmatum* 'Atropurpureum', *Alnus incana* (L.) Moench, *A. × spaethii* Callier, *Betula dahurica* Pall., *Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc., *Cercis chinensis* Bunge, *Fraxinus excelsior* 'Nana', *F. e.* 'Aurea', *Salix integra* 'Hakuro Nishiki', *Magnolia stellata* (Siebold & Zucc.) Maxim., *M. kobus* DC., *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., *Liriodendron tulipifera* L., *Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd., *Prunus padus* L., *P. laurocerasus* L., *P. domestica* L., *P. persica* (L.) Batsch, *P. glandulosa* (Thunb.) Loisel., *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott. Серед кущів і ліан: *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Hydrangea paniculata* Siebold, *H. macrophylla* (Thunb.) Ser., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun, *Rhododendron molle* subsp. *japonicum* (A.

Gray) Kron, *Rh. obtusum* (Lindl.) Planch., *Rh. makinoi* Tagg ex Nakai, *Kerria japonica* DC., *Spiraea japonica* 'Little Princess', *Berberis thunbergii* DC., *B. th.* 'Atropurpurea Nana', *B. th.* 'Erecta', *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach., *Wisteria sinensis* (Sims) DC., *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl., *Cotoneaster humifusus* Duthie ex Veitch., *Euonymus fortunei* (Turcz.) Hand.-Mazz. Серед хвойних деревних рекомендуємо: *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* J.F. Arnold, *Pinus mugo* Turra, *P. m.* 'Mops', *Abies koreana* E.H. Wilson, *Taxus cuspidata* Siebold та Zucc. ex Endl., *Ginkgo biloba* L., *Chamaecyperus lawsoniana* (Murr.) Parl., *Ch. l.* 'Alumii', *Ch. l.* 'Ellwood's', *Ch. l.* 'Glauc', *Chamaecyperus obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl., *Chamaecyperus pisifera* 'Endl., *Ch. p.* 'Boulevard', 'Filifera', *Ch. p.* 'Plumosa', *Ch. p.* 'Sguarosa', *Juniperus horizontalis* Moench, *J. h.* 'Wiltonii', *J. h.* 'Prince of Wales', 'Blue Moon', *J. h.* 'Agnieschka', *Juniperus × Pfitzeriana* (Spath) P.A. Schmidt, *J. × Pfitzeriana* 'Glauc', *J. × Pfitzeriana* 'Compacta', *J. × Pfitzeriana* 'Aurea', *Juniperus procumbens* (Siebold ex Endl.) Mig., *Juniperus sabina* 'Tamariscifolia', *J. s.* 'Broadmoor', *J. s.* 'Scandia', *Juniperus squamata* Buch.-Ham. ex D. Don, *J. s.* 'Blue Carpet', *J. s.* 'Blue Star', *J. s.* 'Meyeri', *Juniperus virginiana* L., *Microbiota decussata* Kom., *Taxodium distichum* (L.) Rich., *Tsuga canadensis* (L.) Carriete.

Усі ці види пройшли тривалу акліматизацію в умовах НДП «Софіївка» НАН України і мають високу адаптаційну здатність до кліматичних та едафічних чинників середовища.

Нині, в період глобального потепління, питання екологічної стійкості інтродуцентів, зокрема посухостійкості, постає особливо гостро. Вирішення цього питання безпосередньо впливає на прогнозування потенційної життєздатності рослинного угруповання та на сприйняття садово-паркового ландшафту загалом. Варто зазначити, що під час створення куртин з рослинами екогруп субацидофіли і ацидофіли, до яких належать роди *Hydrangea* і *Rhododendron*, для забезпечення їх потреб у низькій кислотності ґрунту необхідно проводити повну або часткову заміну кореневмісного шару ґрунту на торфосуміш з необхідним рівнем рН [28]. У культурних ареалах, ґрунтово-кліматичні умови яких стали майже екологічною нішею для розвитку та прояву найвищої декоративності *Rhododendron* (Арборетуми Польщі – Болестрашіце, Войславціце, парки Німеччини (Грістеді, Хоббі тощо), – рослини виступають невід’ємною складовою та домінантою дендроценозів [9, 14, 17, 18, 21]. Наші висновки щодо стійкості рододендронів підтверджені багаторічним досвідом фахівців з Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка, Ботанічного саду імені О. В. Фоміна, Ботанічного саду загальнодержавного значення Львівського національного університету імені Івана Франка, Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, де також в культурі створені моносади рододендронів [11, 18, 21].

Сенс традиційного японського саду – наближення до природного пейзажу. Тому особливе значення приділяють формуванню фітокомпозицій з використанням змішаних посадок вічнозелених і листопадних рослин. Таке поєднання дозволяє спостерігати неповторні мінливі весняно-зимові пейзажі: красу квітучих дерев, зелених крон, опаду жовтого і червоного листя, архітектонику і графічну красу оголених гілок тощо.

У Японському саду в кожен пору року певна група рослин привертає увагу відвідувачів: навесні – цвітіння кісточкових, зокрема сакури (*Prunus serrulata* ‘Sunset Boulevard’, *P. s.* ‘Royal Burgundy’, *P. s.* ‘Kanzan’, *Prunus* × *subhirtella* ‘Autumnalis Rosea’, *Prunus* × *eminens* ‘Umbraculifera’). Продовжують розкривати красу весняної пори види і сорти *Rhododendron* L. різних термінів вегетації, *Magnolia stellata* (Siebold & Zucc.) Maxim.,

M. s. ‘Vulcan’, *Magnolia kobus* DC., *Philadelphus coronarius* L., *Viburnum plicatum* ‘Blue Muffin’, *Spiraea* × *cinerea* Zabel, *Spiraea japonica* L. (*S. j.* ‘Little Princess’, *S. j.* ‘Goldflame’, *S. j.* ‘Anthony Waterer’), *Cotoneaster dammeri* C.K. Schneid. Літо і початок осені – тривала фаза цвітіння видів і сортів *Hydrangea* L. (*H. paniculata* ‘Limelight’, *H. p.* ‘Magical Candle’, *H. arborescens* ‘Strong Annabelle’, *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.). Ніжною весняною зеленню і оригінальними квітками розпускаються дерева *Betula utilis* ‘Doorenbos’, *B. pendula* ‘Spider Alley’, *B. nigra* L., *Alnus glutinosa* ‘Imperialis’, *Fagus sylvatica* ‘Pendula’, *F. s.* ‘Purpurea pendula’, *Salix purpurea* L., *S. sepulcralis* ‘Chrysocoma’, *Quercus palustris* ‘Green Dwarf’, *Amelanchier canadensis* (L.) Medik., *Acer palmatum* ‘Atropurpureum’, *A. platanoides* ‘Fairview’, *A. campestre* ‘Queen Elizabeth’, *A. tataricum* ‘Hot Wings’, *A. freemanii* ‘Autumn Blaze’, *A. rubrum* ‘Brandywine’, *A. r.* ‘October Glory’, *A. r.* ‘Red Sunset’, *Liquidambar styraciflua* ‘Pasquali’, *L. s.* ‘Stared’, *L. s.* ‘Thea’, *L. s.* ‘Slen Silhouette’, *Fraxinus angustifolia* ‘Raywood’. Задумливу спокійну атмосферу зимового Японського саду створюють вічнозелені дерева і кущі – *Pinus mugo* Turra, *Pinus sylvestris* L. (нівакі), *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (нівакі), *Juniperus sabina* ‘Mas’, *Juniperus squamata* ‘Holder’, *Juniperus media* ‘Pfitzeriana Aurea’, *J. m.* ‘Pfitzeriana’, тимчасом навесні ніжна зелень *Taxodium distichum* наповнює простір радістю пробудження. Декоративність дендрофітокомпозицій доповнюють трав’янисті багаторічники: *Vinca minor* L., *Sagina subulata* (Sw.) C. Presl., *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Hosta hybrida*, *Aquilegia hybrida*, *Anemone hupehensis* var. *japonica*, *Geranium pratense* L., *Hemerocallis hybrida* ‘Apricot Beauty’, *H. h.* ‘Stella de Oro’, *Miscanthus sinensis* ‘Gracillimus’, *Aruncus dioicus* (Walter) Fernald, *Persicaria bistorta* Samp.

Використання видового і сортового різноманіття роду *Rhododendron* для оптимізації фітоценозу парку «Нова Софіївка» показує, що, завдяки широкому спектру габітуальних особливостей, тривалій динаміці цвітіння та придатності для створення різних типів насаджень, представники роду можуть використовуватись у багатопланових композиціях, виконувати роль сильної колористичної домінанти, задавати зміни паркових картин тощо. Враховуючи едафічні і гідротермічні умови місця розташування НДП парку «Софіївка» і відмінності цих умов від природних ареалів

Rhododendron, першочергове значення у забезпеченні життєздатності рододендронових насаджень в садах і парках Правобережного Лісостепу України відведено організації достатнього вологозабезпечення рослин і якості ґрунту [28, 30].

Японський сад парку «Нова Софіївка» – єдине місце розміщення представників *Rhododendron* у новому парку, які ростуть по обидві сторони вузького русла річки Кам'янки [30]. У фітокомпозиціях, створених за участю *Rhododendron*, висаджено понад 900 кущів. Видовий і сортовий склад дерев та кущів в куртинах (станом на 2022 рік), в яких відведено місце рододендронам, наводимо нижче.

У насадженні деревних рослин куртини біля Чайної альтанки – Вхід до Японського саду (рис. 2) – ростуть сорти середньо- і високорослих листопадних рододендронів (*Rh. atlanticum* (Ashe) Rehder, *Rh. viscosum* 'Lollipop', *Rh. luteum* 'Jolie Madame'), напіввічнозелених низькорослих (*Rh. obtusum* 'Königstein', *Rh. obtusum* 'Anuke'). Насадження рододендронів різних за силою росту умовно розділені деревом *Pinus sylvestris* L. Куртину оточують насадження *Pinus sylvestris* L., *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser., на прилягаючому схилі – *Acer palmatum* 'Atropurpureum', *Liquidambar styraciflua* L. На початку ділянки висаджено папороть

Matteuccia struthiopteris (L.) Tod., вільні місця від деревних рослин задекоровано сортами *Sagina subulata* (Sw.) C. Presl.

Навпроти високорослих рододендронів влаштована лавка для відпочинку. Ніжний запах і кольори квіток спокійного відтінку (біло-рожевий, біло-жовтий, рожевий) сприяють емоційному розслабленню відпочиваючих. Група сформована високорослими та середньорослими (1,0–1,2 м) листопадними видами і сортами рододендронів, які мають багатоквіткові суцвіття до 10–14 см у діаметрі, середні та великі листки, що забарвлюються восени в жовті та багряні кольори.

Зазначену групу рододендронів змінюють низькорослі сорти – 30–35 см заввишки, з незначним річним приростом однорічних пагонів – до 7 см та 1–3 квітковими генеративними бруньками. Розміщені великими групами кущі утворюють в період цвітіння суцільний килим з квіток (червоний, білий, бузковий), в літній і осінній періоди – з листків (зелений, бордовий). Усі кущі належать до групи японських напіввічнозелених рододендронів. У кожній композиції з низькорослих кущів дотримана біхроматичність, що відповідає стилю японських садів: враження викликається контрастом двох кольорів – білого і червоного та зміною відтінків бузкового.



Рис. 2. Фрагмент фітокомпозиції за участю *Rhododendron* L., розміщеної на вході до Японського саду.

Фрагмент насадження деревних рослин куртини внутрішнього Саду Чайної альтанки наведено на рисунку 3. Ділянку внутрішнього саду, вигороджену білою стіною, наповнюють напіввічнозелені рододендрони двох сортів – *Rh. obtusum* ‘Melina’ і *Rh. obtusum* ‘Königstein’, *Acer palmatum* ‘Atropurpureum’, *Ginkgo biloba* L., *Sciadopitys verticillata* (Thunb.) Siebold & Zucc., *Pinus nigra* ‘Niwaki’, *Pinus mugo* Turra.

Сад Драконів розміщений на протилежній до входу в Японський сад стороні річки Кам’янки. Об’єкт вирізняється виходами на поверхню гранітів, які створюють фон для рослин, розміщених на передньому плані композицій, що підсилює декоративність цієї частини саду. Розсип каміння та сірі скульптури з бетону слугують за основу композиції Саду драконів. Площа покриття деревного і кущового ярусів становить лише 11 %.



Рис. 3. Фрагмент фітокомпозиції у внутрішньому Саду Чайної альтанки, сформованої за участю *Rhododendron* L.

Куртина деревних рослин біля Альтанки для Медитацій та Саду каменів (рис. 4) сформована групою низькорослих сортів – *Rh. obtusum* ‘Hino Crimson’ і *Rh. obtusum* ‘Pure White’, умовно розділених *Taxodium distichum* (L.) Rich. Насадження *Rhododendron* межує з однієї сторони з великою групою сортів *Juniperus sabina* і *Taxodium distichum*, з протилежної – групою *Pinus mugo*, *Pinus nigra* (нівакі), *Pinus sylvestris*, групою *Spiraea cinerea* Zabel, *Spiraea japonica* ‘Little Princess’, *Spiraea japonica* ‘Goldflame’, *Spiraea japonica* ‘Anthony Waterer’, *Acer palmatum* ‘Atropurpureum’, *Magnolia kobus* DC. Простір між кущами та деревами в межах композиції декоровано *Sagina subulata* (Sw.) C. Presl.

З дерев переважають *Pinus nigra* J.F. Arnold – 47 %, що ефектно доповнюють кущі *Juniperus*, *Cotoneaster*, *Rhododendron*, посаджені великими групами.

У куртині переважають висаджені на задньому плані сорти *Rh. luteum* ‘Soir de Paris’, *Rh. luteum* ‘Corneille’, *Rh. luteum* ‘Jolie Madame’ з кольором квіток від ніжно- до інтенсивно-рожевого кольору. На передньому плані розміщені *Rh. luteum* ‘Tunis’ з великими суцвіттями яскравого лососево-червоного кольору (рис. 5).

Усі сорти – високо- і середньорослі листопадні кущі, наділені приємним запахом. Сорти *Rhododendron* ростуть на межі з ділянкою Українська садиба. *Juniperus* × *media* ‘Mint Julep’ створює темно-зелений фон для рододендро-

нів та відділяє композицію від декоративного паркану Української садиби; праворуч ростуть *Cotoneaster horizontalis* Desne. і *Cotoneaster dammeri* 'Major'. Осіннє забарвлення жовто-багряних листків рододендронів, блискучих яскраво-червоних плодів кизильників у поєднанні з насиченою зеленню ялівців від початку

осені до весни підсилюють декоративність ділянки, змінюючи її «настрій». П'ять дерев *Pinus nigra* просторо ростуть безпосередньо в насадженні рододендронів, ближче до виходу граніту. У Саду драконів у весняно-літній та осінній періоди представники *Rhododendron* виступають колористичною домінантою.



Рис. 4. Фрагмент фітокомпозиції біля альтанки для медитацій і Саду каменів, сформованої за участю *Rhododendron* L.



Рис. 5. Фрагмент фітокомпозиції, сформованої *Rhododendron luteum* 'Tunis' (на передньому плані) у Саду драконів на фоні виступу граніту.

У результаті досліджень встановлено, що таксономічна структура насаджень куртин Японського саду, до складу яких залучено представники роду *Rhododendron*, сформована рослинами двох форм: деревами 7 родів (*Magnolia* L., *Acer* L., *Liquidambar* L., *Ginkgo* L., *Pinus* L., *Taxodium* Rich., *Sciadopitys* Siebold & Zucc.) і кущами п'яти родів (*Cotoneaster* Medik., *Juniperus* L., *Hydrangea* L., *Spiraea* L., *Rhododendron* L.).

Асортимент фітокомпозицій, створених за участю *Rhododendron*, представлений інтродуцентами 36 видів і сортів, з яких листяним породам належить 92,8 %. Кущам у фітокомпозиціях Японського саду, створених з участю *Rhododendron*, відведена основна роль – 96,8 %. Представники *Rhododendron* займають панівне положення в таксономічній і кількісній структурі деревних рослин пейзажних куртин сформованих за їх участю (55,7 %), – понад 900 кущів, які належать до 11 видів і сортів (рис. 6).

Найбільша кількість рододендронів висаджено у куртині в Саду драконів – 20,5 %; на Вхіді в Японський сад – 16,2 %; у куртинах біля Альтанки для медитацій і Саду каменів та Чайної альтанки – відповідно 8,1 і 10,9 %.

Отже, на прикладі композиційних куртин Японського саду прослідковано фізіономічні основи використання представників

роду *Rhododendron* [14, 17, 18, 19, 31] в оптимізації фітоценозу фентезі-парку «Нова Софіївка» [32].

Основними аспектами є: групування рододендронів за біометричними та морфологічними ознаками, включаючи палітру кольорів віночків, динамікою сезонного розвитку (ранньо-середня і середня групи, за строками цвітіння – травень-червень), комбінування у фітокомпозиціях з вічнозеленими і листопадними родами і видами деревних рослин тощо. У кількісному складі кожної із куртин рододендрони є домінантною культурою. Вони мають періоди активної декоративності у весняну та осінню пори року, покращують естетичний фон та емоційний вплив рослинних композицій. У напрямку від входу до чайної альтанки Японського саду, перед відвідувачами поступово відкриваються насадження з групи запашних видів і сортів із заспокійливою, седативною дією палітри кольорів (від білої, ніжно-жовтої до блідо-рожевої), далі – насадження внутрішнього закритого саду – із сортів бузкових кольорів з маловираженим контрастом; на ділянках біля Саду каменів і Саду драконів використано сорти від менш- до більш яскравих кольорів стимулюючого впливу, побудованого на контрастах – сніжно-білий і яскраво-червоний, світло-рожевий, рожевий і лососево-червоний.

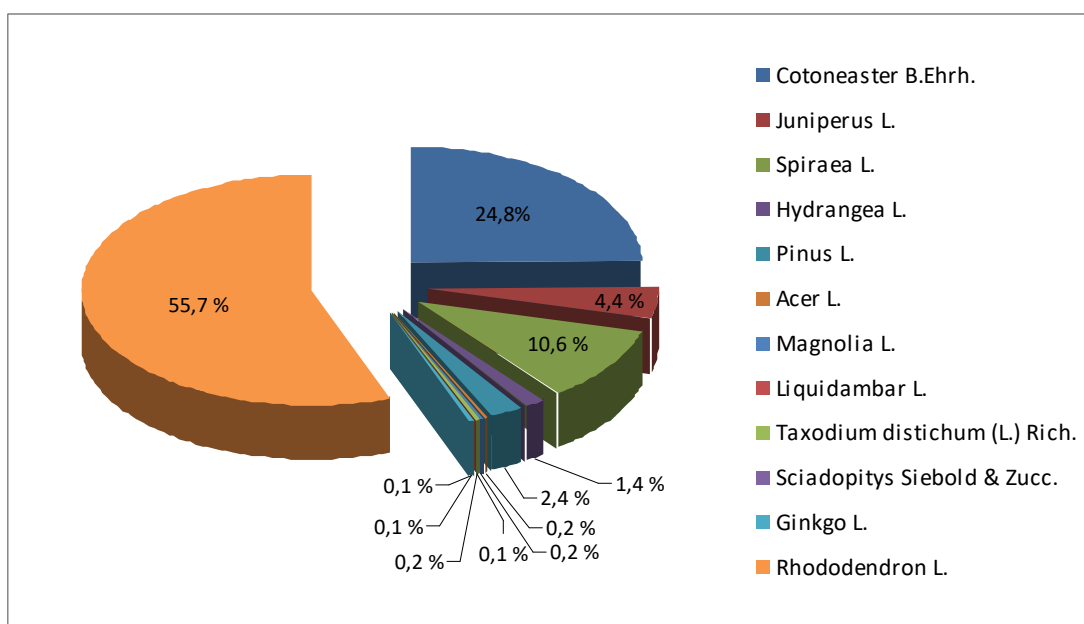


Рис. 6. Таксономічна структура деревних рослин композиційних ділянок Японського саду, створених за участю представників *Rhododendron* L.

Висновки. Результати дослідження дендроструктури насадження пейзажних куртин Японського саду парку «Нова Софіївка», створеного в умовах антропогенно зміненого ландшафту, показали, що за участі видів і сортів роду *Rhododendron* на ділянці Японського саду створено чотири пейзажні куртини: Вхід до Японського саду; Внутрішній сад біля Чайної альтанки; альтанка для медитацій і Сад каменів; Сад драконів. Пейзажні куртини сформовано рослинами двох життєвих форм 36 видів і сортів, які належать 10 родинам – дерева, які належать 7 родам (*Magnolia* L. (Magnoliaceae Juss.), *Acer* L. (Sapindaceae), *Liquidambar* L. (Altingiaceae), *Ginkgo* L. (Ginkgoaceae), *Pinus* L. (Pinaceae), *Taxodium* Rich. (Cupressaceae), *Sciadopitys* Siebold & Zucc. (Sciadopityaceae Luerst.) і кущі – п'ять родів (*Cotoneaster* Medik. (Rosaceae), *Juniperus* L. (Cupressaceae), *Hydrangea* L. (Hydrangeaceae), *Spiraea* L. (Rosaceae), *Rhododendron* L. (Ericaceae).

Представники роду *Rhododendron* займають панівне положення в таксономічній і кількісній структурі деревних рослин пейзажних куртин, сформованих за їх участю і нараховують понад 900 кущів, що належать 11 видам і сортам. Фізіономічні основи використання представників *Rhododendron* проявляються в групуванні рослин за біометричними та морфологічними ознаками, динамікою сезонного розвитку. У весняно-літніх пейзажах Японського саду представники *Rhododendron* виконують роль колористичної домінанти, покращують естетичний фон і емоційний стан композицій, сприяють формуванню позитивного настрою і розширюють світосприйняття у відвідувачів парку, а саме – ознайомленню з культурою японського народу і природою етнічної території.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Stauskis G. Japanese Gardens outside of Japan: From the Export of Art to the Art of Export. *Town Planning and Architecture*. 2011. No 35(3). P. 212–221. DOI: 10.3846/tpa.2011.22
2. Михайлова Р.Д., Вишневіська О.В., Ясько С.В. Традиції японського садово-паркового мистецтва в умовах сучасного міста (на прикладі Києва). *Art and Design*. 2021. № 4. С. 149–159. DOI: 10.30857/2617-0272.2020.4.12
3. Knight R. Dwarf Rhododendrons for Containers and Small Garden Spaces. 2009. URL: <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JARS/v63n2/v63n2-knight.htm>
4. Косенко І.С. Японський сад: Історія і мистецтво. Умань: ВПЦ «Візаві», 2021. 48 с.
5. A traditional Japanese garden and its lessons for modern times. *Scientific Journal of Latvia University of Life Sciences and Technologies / Y. Ding et al. Landscape Architecture and Art*. 2021. Vol. 19. No 19. P. 85-97.
6. The influence of religious and worldview factors on the landscape design in Japan and China / M. Żychowska et al. *Landscape Architecture and Art*. 2022. No 21(21). P. 115–123. DOI: 10.22616/j.landarchart.2022.21.12
7. Analysis and characterization of a Japanese garden in Ribeirão Preto (SP), Brazil / M.V. Ferraz et al. *Ornamental Horticulture*. 22(1). 2016. P. 20-28. DOI: 10.14295/oh.v22i1.825
8. Мороз О.К. Даруймо квіти! Умань: АЛІМІ, 2011. 280 с.
9. Wang S., Huylenbroeck J.Van, Zhang L.-H. Adaptability of *Rhododendron* species to climate and growth conditions at Lushan Botanical Garden. *Acta Hort.* 2020. P. 131–138. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1288.20
10. Фестиваль «Ландшафтна весна – 2017» у Національному Ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України / Н.В. Заїменко та ін. Інтродукція рослин. 2017. № 4. С. 73-78. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/IR_2017_4_11.pdf.
11. Зарубенко А.У. Культура рододендронів в Україні. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. 175 с.
12. Вегера Л.В. Пономаренко В.О., Банк В.С. Рододендрон: легенди в етнокультурних традиціях народів світу. Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні: матеріали III міжнародної наукової конференції, присвяченої Міжнародному року здоров'я рослин. Умань: Видавець «Сочінський М.М.», 2020. С. 46-52.
13. Krebs S.L. Rhododendron. *Ornamental crops*. 2018. P. 673-718. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-90698-0_26.
14. Pulatcan M. The usage areas and principles of composition of rhododendrons in landscape architecture. *Landscape Research*. 2023. III. 183 p. URL: https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=_KDrEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA183&dq=articles+on+the+use+of+rhododendrons+in+garden+compositions&ots=DT1ig9Uua3&sig=e60PcZNF10pUlsWXYeBhGgl9EIc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
15. Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs. Hardy in North America. New York: The Macmillan company, 1949. 996 p.
16. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: довідник / за ред. М.А. Кохна. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. Ч. I. 448 с.

17. Сидоренко І.О. Методика оцінювання декоративності рослин видів роду *Rhododendron* L. Наукові доповіді Національного аграрного університету. 2008. № 3 (11). С. 1–16.
18. Кондратович Р.Я. Рододендрони в Латвійській РСР. Рига: Зінатне, 1981. 332 с.
19. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць. Львів: Світ, 2005. 456 с.
20. Крижановська Н.Я., Цігічко С.П. Фактори, що впливають на особливості формування ландшафтно-рекреаційних об'єктів з елементами національної символіки. Харківська державна академія міського господарства. Архітектура. Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. 2003. № 47. С. 110–113.
21. Вегера Л.В. Створення колекційно-експозиційних ділянок монокультури роду *Rhododendron* L. в ландшафті кварталу №1 Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Умань: «Сочінський М.М.», 2018. Вип. 16. С. 16–23. URL: https://www.sofievka.org/media/documents/14_2018_web.pdf
22. Шумик М., Ключенко О., Коркуленко О. Онтоморфогенез вічнозелених видів роду *Rhododendron* L. ex situ. Інтродукція рослин. 2018. 80. Р. 54–62. DOI: 10.5281/zenodo.2576086
23. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: довідник / за ред. М.А. Кохна, Н.М.Трофименко. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. Ч. II. 716 с.
24. Колекція деревних рослин Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна: путівник-довідник / за ред. З.Г. Бонюк, Р.М. Палагачі. Київ: Талком, 2023. 351 с.
25. Анований каталог різновидів, культиварів і форм деревних рослин. Голонасінні (Полісся, Лісостеп та Карпати України) / С.І. Кузнецов та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2008. Ч. I. 164 с.
26. Кохановський В.М., Барна М.М., Барна Л.С., Мельник Т.І. Методичні аспекти оцінювання деревних рослин відділу Magnoliophyta за сукупністю морфологічних ознак та ознак життєздатності. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2020. Вип. 1(39). С. 45–54. URL: <https://doi.org/10.32782/agro-bio.2020.1>.
27. Шумик М.І., Попіль Н.І. Етноботанічний принцип формування експозиційних ділянок в ботанічних садах. Інтродукція рослин: сучасний стан, проблеми та перспективи: матеріали міжнародної наук. конференції. Харків: Колегіум, 2019. С. 63–69.
28. Edaphic aspect in the ecological structure of the dendroflora in the “Nova Sofiyivka” park / O. Porokhniava et al. *Biological Systems: Theory and Innovation*. 2024. Вип. 15(3). С. 79–92. DOI: 10.31548/biologiya/3.2024.79
29. Удовіченко Г.М., Зінченко В.М. Місце жанру фентезі у сучасному літературознавстві. *Organization of scientific research in modern conditions*. 2020. С. 525–527. URL: http://elibrary.donnue.edu.ua/1975/1/Udovichenk%2C%20Zinchenko_article.pdf
30. Стан насаджень *Rhododendron* L. в фітоценозі пониззя річки Кам'янка Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України / Л.В. Вегера та ін. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2023. № 19. С. 225–237. DOI: 10.37555/2707-3114.19.2023.295162
31. Міндер В.В., Сидоренко І.О. Деревні рослини у формуванні обрисів ландшафту ландшафтного парку по вулиці Солом'янській у м. Києві. Наукові доповіді НУБіП України. 2020. № 6. DOI: 10.31548/dopovidi2020.06.024
32. Вегера Л.В., Пономаренко В.О., Коджебаш А.П. Рододендрони (*Rhododendron* L.) у «Японському саду» в «Новій Софіївці» (дендрологічний парк «Софіївка» НАН України). Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні: матеріали III міжнародної наукової конференції, присвяченої 30-й річниці незалежності України. Умань: «Сочінський М. М.», 2021. С. 280–285. URL: https://www.sofievka.org/media/documents/2021_Ethnobotany.pdf

REFERENCES

1. Stauskis, G. (2011). Japanese Gardens outside of Japan: From the Export of Art to the Art of Export. *Town Planning and Architecture*. no. 35(3). pp. 212–221. DOI: 10.3846/tpa.2011.22
2. Myhajlova, R.D., Vyshnevs'ka, O.V., Jas'ko, S.V. (2021). Tradycii japons'kogo sadovo-parkovogo mystectva v umovah suchasnogo mista (na prykladi Kyjeva) [Traditions of Japanese landscape gardening in a modern city (based on the example of Kyiv)]. *Art and Design*. no. 4, pp. 149–159. DOI: 10.30857/2617-0272.2020.4.12
3. Knight, R. (2009). Dwarf Rhododendrons for Containers and Small Garden Spaces. Available at: <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JARS/v63n2/v63n2-knight.htm>
4. Kosenko, I.S. (2021). Japons'kyj sad: Istoriya i mystectvo [Japanese garden: History and Art]. Uman, VPC «Vizavi», 48 p.
5. Ding, Y., Zueva, P., Gražulevičiūtė-Vileniškė, I., Yablonska, H., Początko, M. (2021). A traditional Japanese garden and its lessons for modern times. *Scientific Journal of Latvia University of Life Sciences and Technologies. Landscape Architecture and Art*. Vol. 19, no. 19, pp. 85–97. DOI: 10.22616/j.landscape.2021.19.08.
6. Żychowska, M., Chornomordenko, I., Kravchenko, I.L., Gnatiuk, L., Dmytrenko, A., Urakina, A., Smilka, V. (2022). The influence of

religious and worldview factors on the landscape design in Japan and China. *Landscape Architecture and Art*. no. 21(21), pp. 115–123. DOI: 10.22616/j.landscapeart.2022.21.12

7. Ferraz, M.V., Fernandes, C.J., Rosalen, D.L., Gimenes, R., Romani, G.D.N., Mattiuz, C.F.M., Pivetta, K.F.L. (2016). Analysis and characterization of a Japanese garden in Ribeirão Preto (SP), Brazil. *Ornamental Horticulture*. no. 22(1), pp. 20–28. DOI: 10.14295/oh.v22i1.825

8. Moroz, O.K. (2011). *Darujmo kvity! [Let's give receipts!]*. Uman, ALMI, 280 p.

9. Wang, S., Huylenbroeck, J. Van, Zhang, L.-H. (2020). Adaptability of *Rhododendron* species to climate and growth conditions at Lushan Botanical Garden. *Acta Hort.* pp. 131–138. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1288.20

10. Zaimenko, N.V., Shumyk, M.I., Smiljanec, N.M., Gaponenko, M.B., Rahmetov, D.B. (2017). Festyval' «Landschaftna vesna – 2017» u Nacional'nomu Botanichnomu sadu imeni M. M. Gryshka NAN Ukrai'ny [“Landscape Spring – 2017” in the M.M. Hryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Introdukciya roslyn [Introduction of plants]*. Issue 4, pp. 73–78. Available at: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/IR_2017_4_11.pdf

11. Zarubenko, A.U. (2006). *Kul'tura rododendroniv v Ukrai'ni [Rhododendron culture in Ukraine]*. Kyiv, Publishing and Printing Center "Kyiv University", 175 p.

12. Vegera, L.V. Ponomarenko, V.O., Bank, V.S. (2020). *Rhododendron: legendy v etnokul'turnykh tradycijah narodiv svitu [Rhododendron: legends in the ethno-cultural traditions of the peoples of the world]*. *Etnobotanichni tradycii' v agronomii', farmacii' ta sadovomu dyzajni: materialy III mizhnarodnoi' naukovo' konferencii', prysvjacheno' Mizhnarodnomu roku zdorov'ja Roslyn [Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: materials of the III International Scientific Conference dedicated to the International Year of Plant Health]*. Uman, Publisher "Sochinsky M.M.", pp. 46–52.

13. Krebs, S.L. (2018). *Rhododendron. Ornamental crops*. pp. 673–718. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-90698-0_26.

14. Pulatcan, M. (2023). The usage areas and principles of composition of rhododendrons in landscape architecture. *Landscape Research*. no. III, 183 p. Available at: https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=_KDrEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA183&dq=articles+on+the+use+of+rhododendrons+in+garden+compositions&ots=D-Tlig9Uua3&sig=e60PcZNF10pUlsWxEyBhGgl9E-Ic&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

15. Rehder, A. (1949). *Manual of cultivated trees and shrubs. Hardy in North America*. New York, The Macmillan company, 996 p.

16. Kohno, M.A. (2002). *Dendroflora Ukrai'ny. Dykorsli j kul'tyvovani dereva i kushhi. Pokrytonasinni: dovidnyk [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Covered seeds]*. Kyiv, Fitosociocentr, Part I, 448 p.

17. Sydorenko, I.O. (2008). *Metodyka ocinjuvannja dekoratyvnosti roslyn vydiv rodu Rhododendron L. [Methods for assessing the decorativeness of plants of the genus Rhododendron L.]*. *Naukovi dopovidi Nacional'nogo agrarnogo universytetu [Scientific reports of the National Agrarian University]*. no. 3 (11), pp. 1–16.

18. Kondratovych, R.Ya. (1981). *Rhododendrony v Latvijs'kiy RSR [Rhododendrons in the Latvian SSR]*. Ryha, Zynatne, 332 p.

19. Kucherjavij, V.P. (2005). *Ozelenennja naselenyh misc': pidruchnyk [Greening of populated areas]*. Lviv, World, 456 p.

20. Kryzhanov'ska, N.Ja., Cigichko, S.P. (2003). *Fakty, shho vplyvajut' na osoblyvosti formuvannja landshaftno-rekreacijnyh ob'ektiv z elementamy nacional'noi' symvoliky [Factors influencing the peculiarities of the formation of landscape and recreational objects with elements of national symbolism]*. *Harkiv'ska derzhavna akademija mis'kogo gospodarstva Arhitektura. Komunal'ne gospodarstvo mist. Naukovo-tehnichnyj zbirnyk [Kharkiv State Academy of Municipal Economy. Architecture. Municipal economy of cities: scientific and technical collection]*. no. 47, pp. 110–113.

21. Vegera, L.V. (2018). *Stvorennja kolekcijno-ekspozycyjnyh diljanok monokul'tury rodu Rhododendron L. v landshafti kvartalu №1 Nacional'nogo dendrologichnogo parku «Sofii'vka» NAN Ukrai'ny [Creation of collection and exposition plots of monoculture of the genus Rhododendron L. in the landscape of quarter 1 of the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine]*. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Uman, Publisher "Sochinsky M.M.", Issue 16, pp. 16–23.

22. Shumyk, M., Kljujenko, O., Korkulenko, O. (2018). *Ontomorfogenez vichnozelenyh vydiv rodu Rhododendron L. ex situ [Ontomorphogenesis of evergreen species of the genus Rhododendron L. ex situ]*. *Introduction [Plant introduction]*. no. 80, pp. 54–62. DOI: 10.5281/zenodo.2576086

23. Kohno, M.A., Trofymenko, N.M. (2005). *Dendroflora Ukrai'ny. Dykorsli j kul'tyvovani dereva i kushhi. Pokrytonasinni: dovidnyk [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Covered seeds]*. Kyiv, Fitosociocentr, Part 2, 716 p.

24. Bonjuk, Z.G., Palagechi, R.M. (2023). *Kolekcija derevnyh roslyn Botanichnogo sadu im. akad. O.V. Fomina: putivnyk-dovidnyk [Collection of woody plants of the Fomin Botanical Garden]*. Kyiv, Talkom, 351 p.

25. Kuznjecov, S.I., Marinich, I.S., Klymenko, Ju.O. (2008). Anotovanyj katalog riznovydiv, kul'tyvariv i form derevnyh roslyn. Golonasinni (Polissja, Lisostep ta Karpaty Ukrainy) [Annotated catalog of species, cultivars and forms of woody plants. Holocarpaceae (Polissya, Forest-Steppe and Carpathians of Ukraine)]. Kyiv, Fitosociocentr, Part 1, 164 p.
26. Kokhanovs'kyi, V.M., Barna, M.M., Barna, L.S., Mel'nyk, T.I. (2020). Metodichni aspekty ot-siniuvannia derevnykh roslyn viddilu Magnoliophyta za sukupnistiu morfolohichnykh oznak ta oznak zhyt-tiezdatnosti [Methodological aspects of evaluation of woody plants of Magnoliophyta by a set of mor-phological and viability traits]. Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia i biolohiia [Bulletin of Sumy National Agrarian Uni-versity. Agronomy and biology]. Issue 1(39), pp. 45–54. Available at: <https://doi.org/10.32782/agro-bio.2020.1.6>
27. Shumyk, M.I., Popil', N.I. (2019). Etnobo-tanichnyj pryncyp formuvannja ekspozycijnyh dilja-nok v botanichnyh sadah [Ethnobotanical principle of formation of exposition plots in botanical gardens]. Introdukcija roslyn: suchasnyj stan, problemy ta per-spektyvy: materialy mizhnarodnoi' nauk. konferencii' [Plant introduction: current state, problems and pros-pects: materials of the international scientific confer-ence]. Kharkiv, Kolegium, pp. 63–69.
28. Porokhniava, O., Rumiankov, Yu., Kopylova, T., Vegera, L., Ponomarenko, V. (2024). Edaphic aspect in the ecological structure of the dendroflora in the “Nova Sofiyivka” park. Biological Systems: Theory and Innovation. no. 15(3), pp. 79–92. DOI: 10.31548/biologiya/3.2024.79
29. Udovichenko, G.M., Zinchenko, V.M. (2020). Misce zhanru fentezi u suchasnomu litera-turoznavstvi [The place of the fantasy genre in mod-ern literary studies]. Orhanizatsiia naukovykh doslid-zhen' v suchasnykh umovakh [Organization of sci-entific research in modern conditions]. pp. 525–527. Available at: http://elibrary.donniet.edu.ua/1975/1/Udovichenko%2C%20Zinchenko_article.pdf
30. Vegera, L.V., Grabovyi, V.M., Muzyka, G.I., Kopylova, T.V., Ponomarenko, V.O., Porokhniava, O.L. (2023). Stan nasadzhenn' Rhododendron L. v fito-cenozi ponyzzja richky Kam'janka Nacional'nogo dendrologichnogo parku «Sofii'vka» NAN Ukrai'ny [The state of Rhododendron L. plantations in the phytocoenosis of the lower reaches of the Kamianka River in the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sci-ences of Ukraine. Journal of Native and Alien Plant Studies]. Journal of Native and Alien Plant Studies. no. 19, pp. 225–237. DOI: 10.37555/2707-3114.19.2023.295162
31. Minder, V.V., Sydorenko, I.O. (2020). Derevni roslyny u formuvanni obrysu landshaftu landshaftnogo parku po vulyci Solom'jans'kij u m. Kyjevi [Woody plants in the formation of the land-scape outline of the landscape park on Solomianska Street in Kyiv]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of NUBiP of Ukraine]. no. 6. DOI: 10.31548/dopovidi2020.06.024)
32. Vegera, L.V., Ponomarenko, V.O., Kodzhebash, A.P. (2021). Rododendrony (Rhododen-dron L.) u «Japons'komu sadu» v «Novij Sofii'vci» (dendrologichnyj park «Sofii'vka» NAN Ukrainy) [Rhododendrons (Rhododendron L.) in the “Jap-anese Garden” in “Nova Sofiyivka” (Dendrolog-ical Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine)]. Etnobotanichni tradycii' v ahronomii', farmacii' ta sadovomu dyzajni: ma-terialy III mizhnarodnoi' naukovoi' konferencii', prysvjachenoi' 30-j richnyci nezalezhnosti Ukrainy [Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: materials of the III International Scientific Conference dedicated to the 30th anniver-sary of Ukraine's independence]. Uman, Publish-er "Sochinsky M.M.", pp. 280–285. Available at: https://www.sofievka.org/media/documents/2021_Ethnobotany.pdf

Representatives of the genus *Rhododendron* L. in the dendrostructure of compositional clumps of the Japanese Garden of “Nova Sofiyivka” Park (NDP “Sofiyivka”, NAS of Ukraine) and their semantic role

Vegera L., Ponomarenko V., Muzyka H., Boiko I., Gonchar N.

The taxonomic dendrostructure of clumps in the Japanese Garden of “Nova Sofiyivka” Park, established with the participation of *Rhododendron* L., has been studied. The compositional and semantic significance of rhododendrons in the Japanese Garden has been clarified. It was found out that four landscape clumps were created with the involvement of *Rhododendron* species and cultivars: Entrance to the Japanese Garden, Inner Garden near the Tea Pavilion, Meditation Pavilion and Stone Garden, and Dragon Garden.

The analysis revealed that these clumps were formed by trees and shrubs of 36 species and cultivars, belonging to 12 genera from 10 families. Among them, 7 genera are trees – *Magnolia* L. (Magnoliaceae Juss.), *Acer* L. (Sapindaceae), *Liquidambar* L. (Altingiaceae), *Ginkgo* L. (Ginkgoaceae), *Pinus* L. (Pinaceae), *Taxodium* Rich. (Cupressaceae), *Sciadopitys* Siebold & Zucc. (Sciadopityaceae Luerss.); and 5 genera are shrubs – *Cotoneaster* Medik. (Rosaceae), *Juniperus* L. (Cupressaceae), *Hydrangea* L. (Hydrangeaceae), *Spiraea* L. (Rosaceae), *Rhododendron* L. (Ericaceae). Representatives of the *Rhododendron* genus occupy a dominant position in the taxonomic and quantitative structure of woody plantings of the compositional clumps – over 900 shrubs, belonging to 11 species and cultivars. It was found that in spring-summer landscapes of the Japanese Garden, rhododendrons play the role of a coloristic dominant, enhance the aesthetic background of

complex compositions, contribute to the formation of a positive emotional state and broaden the visitors' worldview – specifically, by introducing them to the nature of an Eastern country and the culture of its people.

The research was based on route visual surveys and archival diagrams and textual documentation analysis. The use and role of rhododendrons in phytocompositions were analyzed according to the

methods of I.O. Sydorenko (2008) and V.M. Kokhanovskyi (2020), the recommendations of R.Y. Kondratovych (1981) and our own results of developments and research (Vegeta, 2018).

Key words: Fantasy Park “Nova Sofiyivka”, Japanese Garden, taxonomic dendrostructure of clumps, *Rhododendron* L., Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, semantic value, compositional role.



Copyright: Berepa Л.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:

Берепа Л.В.	https://orcid.org/0000-0003-2512-2664
Пономаренко В.О.	https://orcid.org/0000-0002-2872-6693
Музика Г.І.	https://orcid.org/0000-0002-3389-363X
Бойко І.В.	https://orcid.org/0000-0002-4643-6315
Гончар Н.О.	https://orcid.org/0009-0005-2822-7447

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*17/.5:712.2(477.41)

**Таксономічна оцінка дендрофлори
садово-паркових об'єктів м. Біла Церква****Зелінський Б.В.** *Білоцерківський національний аграрний університет*

Зелінський Б.В. E-mail: z_b_v@ukr.net



Зелінський Б.В. Таксономічна оцінка дендрофлори садово-паркових об'єктів м. Біла Церква. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 254–266.

Zelinskyi B. Taxonomic assessment of the dendroflora of garden and park facilities in Bila Tserkva. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 254–266.

Рукопис отримано: 28.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-254-266

У сучасних умовах урбанізації та погіршення екології важливим є збереження та раціональне використання міських зелених насаджень. Вуличні насадження виконують екологічні, санітарно-гігієнічні, соціальні та естетичні функції: покращують мікроклімат, зменшують шум, очищають повітря. Проте через техногенні та антропогенні чинники дерева часто перебувають у пригніченому стані, що потребує постійного моніторингу та науково обґрунтованого догляду. Дослідження проводили в межах урбанізованого середовища м. Біла Церква з використанням просторових, фітосанітарних і таксономічних характеристик зелених насаджень. Первинні дані про місцезнаходження, видовий склад і стан дерев отримані з геопорталу «Smart Green БЦ». Оцінено стан зелених насаджень загального користування, зокрема вуличних дерев уздовж магістральних доріг. Виявлено 4281 об'єкт озеленення, з них дерев – 3163. Площа зелених насаджень на одного мешканця становить 3,1 м², що значно нижче нормативу 7–10 м². Видовий склад є різноманітним, домінують родини *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Oleaceae*, *Aceraceae*, *Fabaceae*; найпоширеніші види – *Platanus orientalis* L., *Populus italica* (Münchh.) Moench, *Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L. За оцінкою стану дерев за шкалою Кузнецова понад 48 % насаджень потребують відновлення. Основні загрози: механічні пошкодження, забруднення повітря, ущільнення ґрунту, нерегулярний догляд. Поширення шкідників і збудників хвороб також негативно впливає на фітосанітарний стан. Практичне значення дослідження полягає в наданні інформації для ефективного управління міським озелененням, прийняття обґрунтованих рішень щодо оновлення насаджень, що сприятиме підвищенню екологічної стабільності та якості життя мешканців.

Ключові слова: таксономічна структура, дендрофлора, урбанізоване середовище, Біла Церква, вуличні насадження, видовий склад, адаптивність, фітосанітарний стан, зелені насадження, екологічна стабільність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасні міські території переважно характеризуються екстенсивним типом розвитку, що обумовлено низкою соціально-економічних чинників. З метою компенсування постійного погіршення екологічних умов у межах міського середовища та населених пунктів, необхідно забезпечити

максимально різноманітний склад елементів системи озеленення, яка має ефективно виконувати санітарно-захисні функції [1, 2].

Зелені насадження є невід'ємним елементом благоустрою сучасного міського середовища [1]. Деревно-чагарникові насадження у структурі міської забудови формують парки, сквери, бульвари, алейні посадки вздовж

транспортних магістралей, а також внутрішньоквартальні озеленені зони. Деревні насадження відіграють важливу роль як довговічний компонент міського озеленення, що не лише виконує естетичну функцію, а також сприяє формуванню міського середовища, створюючи сприятливі мікрокліматичні та санітарно-гігієнічні умови [1, 3].

Автори [1] розглядають основні принципи та підходи до реконструкції як старовинних, так і сучасних паркових комплексів. Зокрема аналізують методи збереження історичної спадщини парків, гармонійного поєднання традиційних елементів із сучасними ландшафтними рішеннями та впливу реконструкції на екологічний стан територій. Особливу увагу приділяють використанню сучасних технологій та підходів у догляді за парками, а також збереженню біорізноманіття в процесі оновлення ландшафтного дизайну.

Деревні насадження, розташовані вздовж вулиць та автомагістралей, піддаються найбільшому антропогенному навантаженню [4–6]. Згідно з матеріалами Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища Київської області за 2024 рік, 84 % викидів в атмосферне повітря міста спричинені пересувними джерелами забруднення [7].

Основним джерелом забруднення повітря в місті є автотранспорт, а також залізничний, авіаційний і водний транспорт, відповідно до статистичних даних. Загальний рівень забруднення атмосферного повітря оцінюється як високий через підвищений вміст специфічних шкідливих речовин, зокрема фенолу, формальдегіду, оксидів азоту, а також основних домішок – оксиду вуглецю та діоксиду азоту [7].

Вплив забруднювальних речовин має негативний ефект як на асиміляційні органи рослин, так і на їх загальний фізіологічний стан. У зв'язку з цим актуальним є дослідження дендрофлори лінійних насаджень уздовж автодоріг з високим рівнем антропогенного навантаження, аналіз видового складу і санітарного стану насаджень, а також критична оцінка їхнього асортименту та придатності для використання в об'єктах спеціального призначення [1].

Об'єктом дослідження є деревні рослини вуличних насаджень.

Предмет дослідження – таксономічна структура та загальний стан деревних рослин вуличних насаджень м. Біла Церква.

Таксономічна оцінка дендрофлори садово-паркових об'єктів м. Біла Церква є надзвичайно актуальною у контексті зростаючих еко-

логічних викликів та необхідності раціонального використання і збереження зелених насаджень в умовах урбанізованого середовища.

Мета дослідження – визначення таксономічної структури та оцінка загального стану деревних рослин вуличних насаджень Білої Церкви.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання дослідження:

- встановити видовий склад та таксономічну структуру деревних рослин вуличних насаджень на досліджуваній території;
- провести оцінку загального стану деревної рослинності;
- визначити домінантні види серед досліджуваних насаджень та проаналізувати їх відповідність умовам місцезростання;
- виявити найбільш життєздатні деревні види, адаптовані до досліджуваних умов середовища;
- узагальнити дані щодо сучасного стану та таксономічного складу міських зелених насаджень, а також їх здатності адаптуватися до умов урбанізованого середовища.

Матеріал і методи дослідження. Системний підхід до вивчення видової різноманітності та структурної організації деревних рослин дозволяє не лише оцінити їхній сучасний стан, а й сформувати науково обґрунтовані рекомендації щодо підвищення екологічної стійкості міських ландшафтів. Такі дослідження є важливими для оптимізації озеленення, збереження біорізноманіття, поліпшення санітарно-гігієнічних умов і підвищення якості життя населення міста.

У дослідженні використовували комплексну методику оцінки таксономічної структури та фітосанітарного стану вуличних деревних насаджень у м. Біла Церква [6].

Основні етапи дослідження включали:

Аналіз статистичних і картографічних даних. Було проаналізовано інформацію з геопорталу зелених насаджень «Smart Green БЦ» (<https://green.softpro.ua/>), який містить інтерактивні карти із зазначенням видового складу, діаметра дерев, їхнього стану та елементів благоустрою.

Польові обстеження. Було вибірково досліджено насадження вздовж восьми основних автодоріг з найбільш інтенсивним трафіком, що дало змогу оцінити стан одно- та дворядних посадок уздовж проїжджої частини.

Проведено візуальну оцінку 59 видів деревних рослин, здійснено таксономічний аналіз та визначено таксономічну належність кожного виду з уточненням відділів, родин та кількісного представництва.

Виконано аналіз домінуючих родин, зокрема *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Oleaceae* та інших, які разом охоплюють 49,3 % загального видового складу.

Фітосанітарне оцінювання. Загальний стан деревних рослин оцінювали за п'ятибальною шкалою, запропонованою С.І. Кузнєцовим та співавт. [8], відповідно до якої:

- 5 балів – дерева не мають ознак пригніченого росту, з повноцінною листовою поверхнею;
- 4 бали – ріст загалом у межах норми, однак 20–25 % листової поверхні є недіючими;
- 3 бали – ріст ослаблений, близько 50 % листової поверхні не виконує асиміляційної функції;
- 2 бали – спостерігається пригнічений ріст, майже повна відсутність приросту поточного року, 75–80 % листової поверхні – недіюча;

1 бал – дерева мертві або всихаючі, без приросту поточного року, 100 % листової поверхні – недіюча [8, 9].

Зафіксовано поширені симптоми пошкодження: суховерхівковість, дупла, некрози листя, опіки, ураження іржею, наявність дереворуйнівних грибів.

Виділено проблемні ділянки (зокрема, Бериславське шосе), де фіксується найбільша кількість фаутих екземплярів (*Populus italica*, *Populus alba*, *Acer negundo*).

Звернено увагу на фітосанітарні ризики, зокрема ураження шкідником *Hyphantria cunea* (*Acer negundo*, 2022 рік).

1. Оцінка просторової структури та морфології. Зафіксовано наявність ширококорозкидистих крон у зрілих дерев (*Platanus orientalis*, *Catalpa speciosa*, *Sophora japonica*), що перешкоджає безпечному руху транспорту.

Проаналізовано відповідність насаджень Державним будівельним нормам України [10].

Оцінка чагарникового ярусу. Встановлено, що чагарники мають обмежене представництво у вуличних насадженнях, посадки часто хаотичні.

Наявні насадження чагарників не формують повноцінних бордюрів або зелених стін.

Матеріалами для написання роботи слугували власні спостереження, виконані впродовж 2022–2024 рр. маршрутно-рекогносцирувальним методом у різних об'єктах озеленення м. Біла Церква.

Камеральну обробку зразків деревних рослин здійснювали відповідно до загальноприйнятої методики ботанічних досліджень. Латинські назви рослин наведено згідно з чеклістом [11], а українські – за роботами М.А. Кохна [12–14].

Таксономічний аналіз охоплював вивчення видового складу, домінування окремих родин і родів, співвідношення інтродуцентів та аборигенних видів, а також адаптивні особливості основних таксонів. Особливу увагу приділено виявленню фітосанітарних ризиків та відповідності зелених насаджень сучасним екологічним, естетичним і безпековим нормам відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» [10].

Аналіз і візуалізацію даних здійснювали із застосуванням електронних таблиць Microsoft Excel, а також геоінформаційних засобів для просторової інтерпретації результатів.

Результати дослідження та обговорення. Згідно з наявними даними, площа зелених насаджень загального користування в м. Біла Церква становить 65 га, що відповідає 3,1 м² на одного мешканця, тимчасом нормативний показник становить 7–10 м² на особу. Для отримання детальніших даних скористалися геопорталом зелених насаджень «Smart Green БЦ», який містить інформацію про зелені зони міста з географічною прив'язкою.

Під час дослідження за допомогою цього геопорталу було проаналізовано 4281 об'єкт озеленення (рис. 1, 2).

Водночас детально обстежили 8 автодоріг з найбільш напруженим автомобільним рухом (рис. 3).

За результатами проведених досліджень, у одно- та дворядних вуличних насадженнях вздовж проїжджої частини м. Біла Церква було ідентифіковано 59 видів деревних рослин, 3 культивари та 3 форми (табл. 1, рис. 4).

Аналіз таксономічної структури дослідженої дендрофлори (рис. 4) засвідчив домінування представників відділу *Magnoliophyta*, який налічує 55 видів (93,2 % від загальної кількості). Відділ *Pinophyta* представлений чотирма видами (6,8 %).

Серед провідних родин дендрофлори проспектів виділяються:

- *Rosaceae* Juss. – 7 видів (11,9 % від загальної кількості видів);
- *Salicaceae* Lindl. – 6 видів (10,2 %);
- *Oleaceae* Lindl. – 5 видів (8,5 %);
- *Aceraceae* Juss. – 4 види (6,8 %);
- *Fabaceae* Lindl. – 4 види (6,8 %);
- *Cupressaceae* Bartl. – 3 види (5,1 %).

Сукупно ці родини охоплюють 49,3 % видового складу дослідженої дендрофлори. Решта родин представлена одним або двома видами кожна.

Дані таблиці 1 відображають як видовий склад, так і загальний стан деревних рослин.

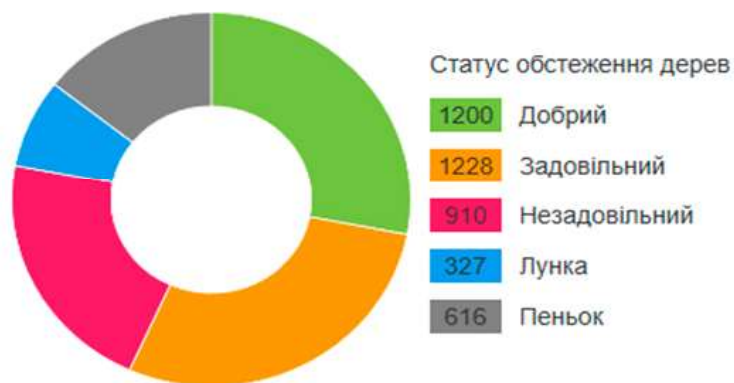


Рис. 1. Статус обстежених дерев.

Примітка: сформовано автором на основі сайту: <https://green.softpro.ua/>

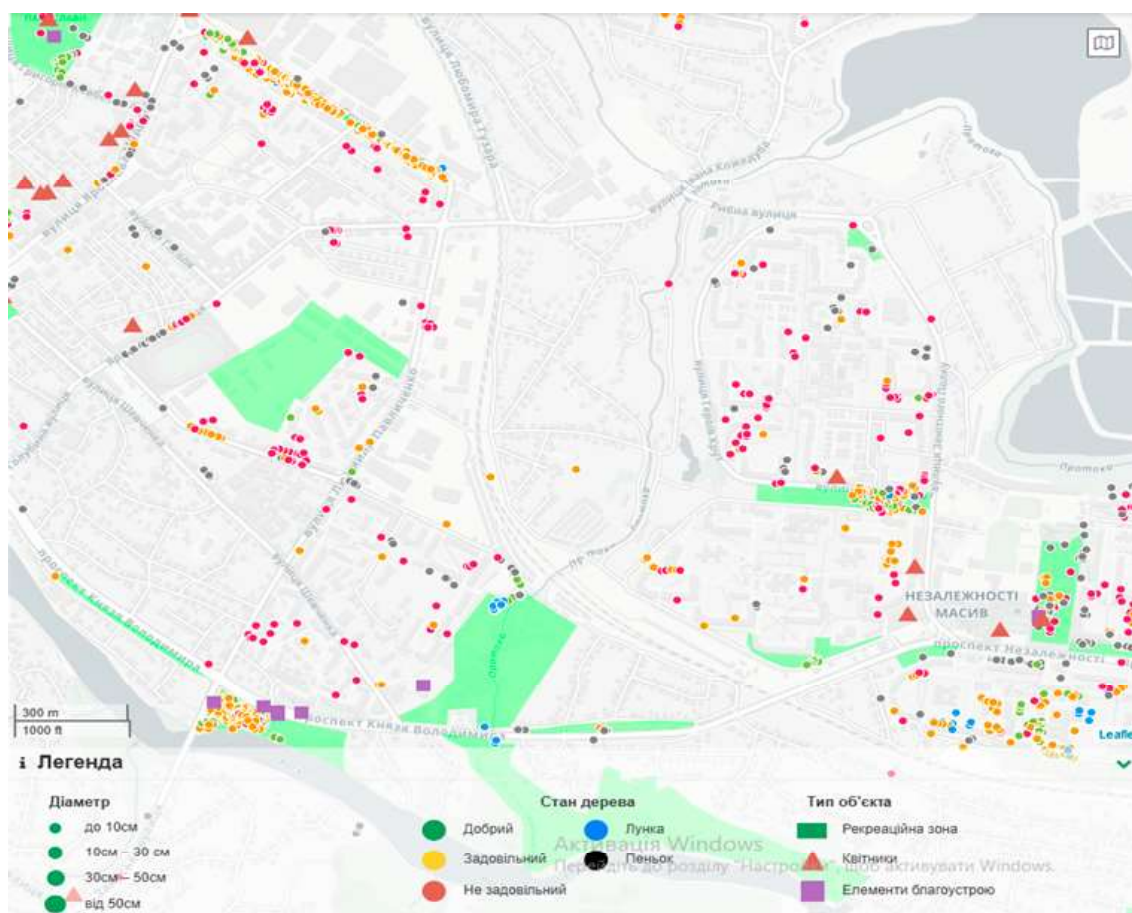


Рис. 2. Діаметр, стан дерев та елементи благоустрою.

Примітка: сформовано автором на основі сайту: <https://green.softpro.ua/>

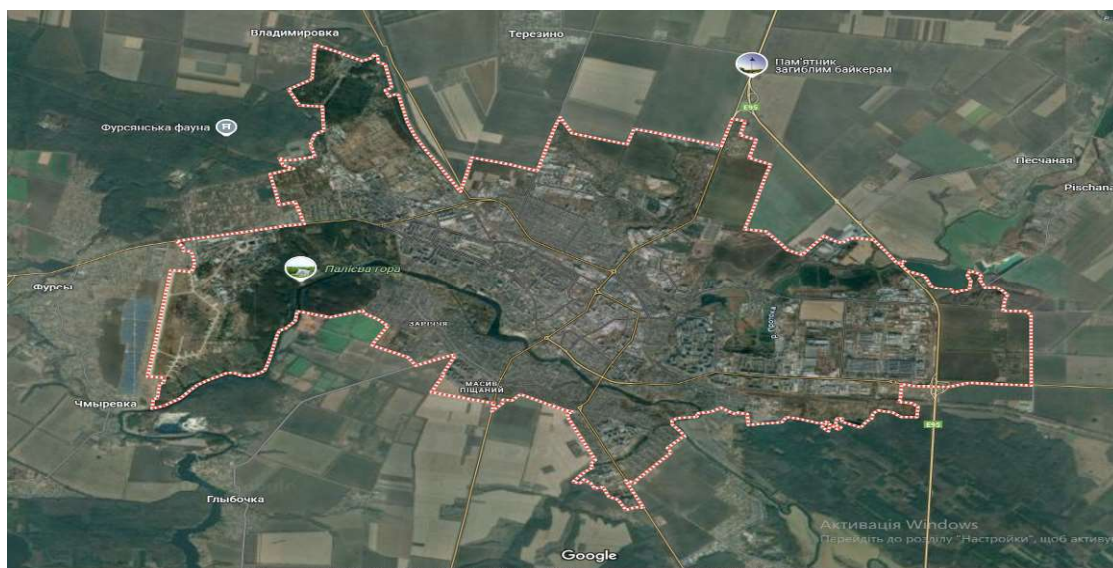


Рис. 3. Розміщення автодоріг, які підлягали обстеженню в межах м. Біла Церква.

Примітка: сформовано автором на основі сайтів: <https://www.google.com.ua/maps>, <https://green.softpro.ua/>

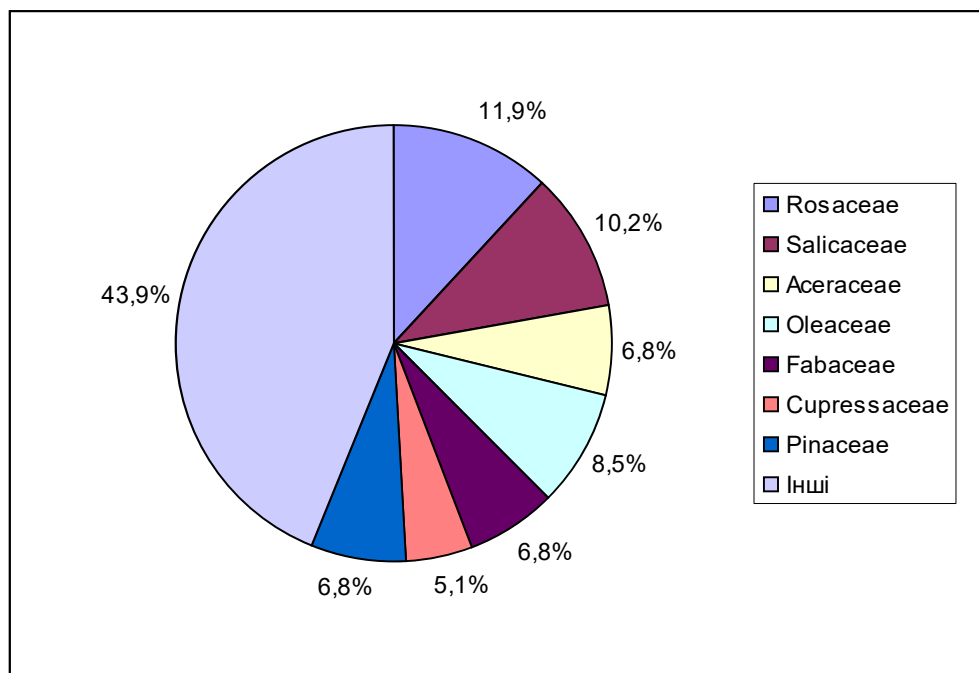


Рис. 4. Таксономічний спектр дендрофлори вуличних насаджень м. Біла Церква із зазначенням числових значень, що відображають кількість видів, репрезентованих у кожній родині

Примітка: авторська розробка.

Найбільшу частку у складі насаджень займають:

- *Populus italica* (Münchh.) Moench – 11,5 %, стан – 2 бали;
- *Platanus orientalis* L. – 10,5 %, стан – 4 бали;
- *Acer platanoides* L. – 8,0 %, стан – 4 бали;
- *Robinia pseudoacacia* L. – 7,5 %, стан – 4 бали;
- *Acer pseudoplatanus* L. – 7,0 %, стан – 4 бали;
- *Fraxinus excelsior* L. – 6,0 %, стан – 5 балів;
- *Catalpa speciosa* (Warder) Warder ex Engelm. – 5,0 %, стан – 4 бали;
- *Populus alba* L. – 4,5 %, стан – 4 бали;
- *Aesculus hippocastanum* L. – 4,5 %, стан – 3 бали.

Отже, найбільше представництво серед вуличних насаджень мають види, які проявляють відносну стійкість до умов міського середовища, хоча деякі з них, зокрема *Populus italica* (Münchh.) Moench, демонструють поганий фітосанітарний стан, що вказує на потребу в їх оновленні або заміні.

Результати дослідження показали, що значна частина деревних рослин, зокрема

Platanus orientalis L., *Acer negundo* L., *Catalpa speciosa* (Warder) Warder ex Engelm., *Sophora japonica* L., які досягли пристигаючого віку, характеризуються наявністю ширококорозкидистих крон. Така морфологічна особливість часто створює перешкоди для руху автотранспорту, що суперечить положенням Державних будівельних норм України [10]. У зв'язку з цим більшість зазначених дерев потребує санітарної обрізки.

Аналіз загального фітосанітарного стану засвідчив, що переважну більшість дерев оцінено на 4–5 балів, що свідчить про їхню здатність ефективно виконувати фітомеліоративні та декоративні функції [12, 15, 16]. Домінуючими видами уздовж магістральних вулиць є *Platanus orientalis* L., *Populus italica* (Münchh.) Moench, *Acer platanoides* L., *Populus alba* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Morus nigra* L., *Fraxinus excelsior* L. та *Ulmus laevis* Pall. Найвищу життєздатність у міських умовах демонструють *Platanus orientalis* і *Morus nigra*. Водночас серед представників цих видів трапляються окремі екземпляри зі зниженою вітальністю: ознаки суховерхівковості, наявність дупел, часткова або повна втрата листяного покриву.

Таблиця 1 – Видовий склад і загальний стан деревних рослин вуличних насаджень м. Біла Церква

№ з/п	Деревний вид	Загальний стан рослин за шкалою візуальної оцінки	Частка, %
1	<i>Platanus orientalis</i> L.	4	10,5
2	<i>Populus italica</i> (Du Roi) Moench	2	11,5
3	<i>Acer platanoides</i> L.	4	8,0
4	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4	7,5
5	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	4	7,0
6	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	5	6,0
7	<i>Catalpa speciosa</i> (Warder ex Barney) Warder ex Engelm.	4	5,0
8	<i>Populus alba</i> L.	4	4,5
9	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	3	4,5
10	<i>Morus nigra</i> 'Pendula'	5	3,0
11	<i>Morus nigra</i> L.	5	2,0
12	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	5	2,0
13	<i>Juglans regia</i> L.	3	2,0
14	<i>Platanus occidentalis</i> L.	4	2,0
15	<i>Acer negundo</i> L.	3	2,0
16	<i>Sophora japonica</i> L.	5	2,5
17	<i>Syringa vulgaris</i> L.	4	2,5
18	<i>Tilia cordata</i> Mill.	4	1,5
19	<i>Sophora japonica</i> 'Pendula'	5	1,0
20	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	5	1,0
21	<i>Acer saccharinum</i> L.	4	1,0
22	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Golden'	5	0,9
23	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	4	0,8
24	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	4	0,6
25	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch.	5	0,6
26	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	4	0,3
27	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	4	0,2
28	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	5	0,5
29	<i>Populus nigra</i> L.	4	0,1
30	<i>Salix alba</i> L.	4	0,5
31	<i>Spiraea</i> × <i>vanhouttei</i> (Briot) Zabel.	5	0,5
32	<i>Spiraea media</i> F. Schmidt	5	0,5
33	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F. Blake	5	0,5
34	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	4	0,5
35	<i>Forsythia viridissima</i> Lindl.	4	0,5
36	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	4	0,5
37	<i>Quercus robur</i> L.	4	0,5
38	<i>Berberis vulgaris</i> L.	5	0,1
39	<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.	5	0,1
40	<i>Betula pendula</i> Roth	5	0,1
41	<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.	5	0,1
42	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	5	0,1
43	<i>Corilus avelana</i> L.	4	0,1
44	<i>Cotinus coggvria</i> Scop.	5	0,1
45	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	4	0,1
46	<i>Fraxinus lanceolata</i> Borch.	5	0,1
47	<i>Juniperus virginiana</i> L.	4	0,1
48	<i>Lonicera caprifolium</i> L.	5	0,1
49	<i>Lonicera tatarica</i> L.	5	0,1
50	<i>Morus alba</i> L.	5	0,1
51	<i>Picea pungens</i> Engelm.	3	0,1
52	<i>Pinus pallasiana</i> D. Don	3	0,1
53	<i>Salix babylonica</i> L.	4	0,1
54	<i>Salix matsudana</i> Koidz.	4	0,1
55	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	4	0,1
56	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	4	0,1
57	<i>Thuja occidentalis</i> L.	4	0,1
58	<i>Vitis vinifera</i> L.	4	0,1
59	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	4	0,1

Примітка: Авторська розробка.

Найбільшу кількість фаутих дерев зафіксовано на бульварі Олександрівський, переважно серед *Populus italica* (Münchh.) Moench, *Populus alba* L. та *Acer negundo* L. Представники перших двох видів часто демонструють симптоми ослаблення: сухі гілки, розвиток кореневої порослі, наявність тріщин і дупел. У м. Біла Церква подібні види піддаються регулярному кронуванню з наступною поступовою заміною. Проте екземпляри, кронувані 8–10 років тому, часто продовжують рости, демонструючи зниження декоративної цінності та функціональної повноцінності насаджень.

Варто також зазначити, що *Acer negundo* L., незважаючи на високу стійкість до атмосферних забруднень, останнім часом зазнає суттєвих ушкоджень внаслідок масових заселень шкідника *Hyphantria cunea* Drury. У 2022 році деякі дерева були уражені на 60–100 %, що супроводжувалося повною скелетизацією гілок і утворенням павутинних покривів.

Види *Tilia cordata* Mill., *Catalpa speciosa* (Warder) Warder ex Engelm., *Acer platanoides* L., *Acer saccharinum* L., *Acer pseudoplatanus* L., що зростають на вулицях Олександрівська, Ярослава Мудрого та 1-й Замковий провулок, часто мають ознаки стресових станів: некротичні плями, сонячні опіки листя, передчасне його в'янення та опадання. *Populus italica* (Münchh.) Moench, *Populus alba* L. щороку уражуються іржею, а їхні гілки та стовбури часто заселені дереворуйнівними грибами [1, 17, 18].

Попри складні екологічні умови, необхідний системний і регулярний догляд за деревними насадженнями. Своєчасне видалення фаутих та сухостійних дерев знижує ризик падіння на проїжджу частину та поширення фітопатогенів і шкідників на здорові рослини [12, 15, 16].

Чагарниковий ярус у досліджених алейних насадженнях розвинений слабо, видовий склад обмежений, чисельність істотно поступається деревному ярусу. Чагарники

переважно висаджені безсистемно, без враженого естетичного чи функціонального призначення. Виявлено майже повну відсутність бордюрів і зелених стін, які могли б виконувати фільтрувальну та декоративну функції. Розширення чагарникового ярусу завдяки створенню живоplotів і бордюрів сприятиме посиленню санітарно-гігієнічного значення насаджень і покращенню міських ландшафтів [19–21].

У процесі дослідження було проаналізовано 3163 деревних рослин, розташованих уздовж магістральних вулиць м. Біла Церква. Таксономічний аналіз виявив наявність 59 видів, що представляють такі родини: *Sapindaceae* (кленові), *Oleaceae* (маслинові), *Tiliaceae* (липові), *Salicaceae* (вербові) та *Betulaceae* (березові).

Найпоширенішими видами вуличних насаджень виявлено:

- *Acer platanoides* L. (клен гостролистий) – 21,3 %;
- *Fraxinus excelsior* L. (ясен звичайний) – 15,7 %;
- *Tilia cordata* Mill. (липа серцелиста) – 14,9 %;
- *Robinia pseudoacacia* L. (робінія звичайна) – 11,2 %;
- *Populus nigra* L. (тополя чорна) – 9,5 %.

Значну частку займають інтродуковані види (близько 60 %), що свідчить про орієнтацію на декоративність та швидкий ріст за озеленення міста у минулому. Водночас, домінування обмеженого кола видів вказує на низький рівень таксономічного різноманіття, що підвищує ризики фітосанітарних проблем (табл. 2).

За результатами оцінювання життєвого стану дерев за шкалою Кузнєцова встановлено таку структуру:

- 1 бал (здорові дерева) – 18,4 %;
- 2 бали (задовільний стан) – 33,1 %;
- 3 бали (ослаблені) – 28,6 %;
- 4 бали (сильно ослаблені) – 13,2 %;
- 5 балів (всохлі або аварійні дерева) – 6,7 %.

Таблиця 2 – Розподіл дерев за балами оцінки життєвого стану (за шкалою Кузнєцова)

Бал	Характеристика стану	Кількість дерев	Частка, %
1	Здорові	582	18,4
2	Задовільний стан	1047	33,1
3	Ослаблені	904	28,6
4	Сильно ослаблені	418	13,2
5	Всохлі або аварійні	212	6,7
Разом		3163	100

Отже, лише кожне п'яте дерево перебуває у доброму стані, а понад 48 % потребують моніторингу або заходів з відновлення (рис. 5). Найгірший фітосанітарний стан спостерігається серед представників *Populus spp.* L., *Robinia pseudoacacia* L., що пов'язано з віком дерев, несанітарним обрізуванням та несприятливими умовами зростання (ущільнення ґрунту, вплив автомобільних викидів тощо).

стан (1 бал), що можна вважати позитивним, проте недостатнім показником для забезпечення повноцінної екологічної функціональності насаджень.

Третина дерев мають ослаблений або пригнічений стан (3–4 бали), а 5,3 % – всохлі або аварійні (5 балів). Ці показники сигналізують про наявність значного фітосанітарного навантаження внаслідок:

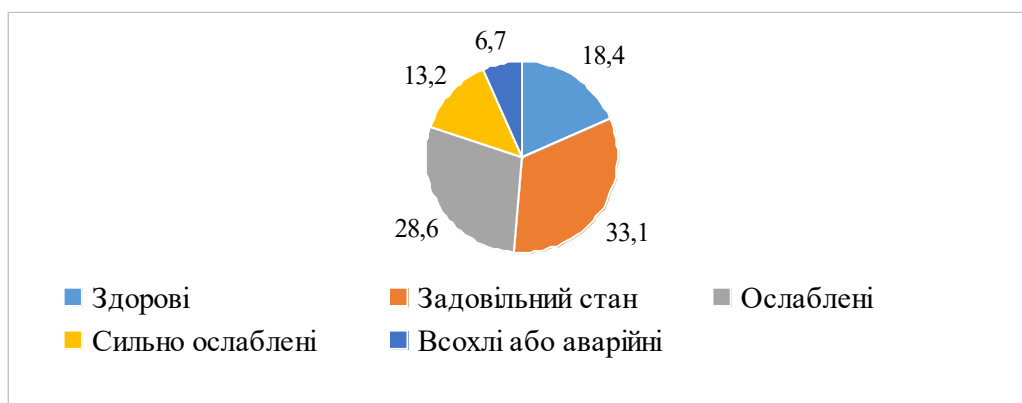


Рис. 5. Розподіл дерев за балами життєвого стану за шкалою Кузнецова.

Примітка: авторська розробка.

До основних ризиків, що загрожують вуличним деревам у Білій Церкві, належать:

- механічні пошкодження під час ремонту тротуарів та доріг;
- вплив забруднення повітря від транспорту;
- обмежене живлення через ущільнення ґрунтів;
- нерациональна обрізка гілок;
- зниження біологічної стійкості у зв'язку з однотипністю насаджень.

Отримані результати свідчать про значне видове та родове різноманіття деревних насаджень уздовж автодоріг м. Біла Церква. Виявлено понад 25 видів дерев, що належать до 15 родів і 12 родин, серед яких домінують представники родин *Sapindaceae* (кленові), *Betulaceae* (березові), *Salicaceae* (вербові) та *Aceraceae* (кленові). Це свідчить про відносно широкий спектр використаних таксонів у формуванні вуличних насаджень.

Проте оцінка життєвого стану дерев за шкалою Кузнецова виявила, що майже половина обстежених дерев перебуває у задовільному стані (2 бали), що вказує на прояви стресових чинників, характерних для міського середовища з високим транспортним навантаженням. Лише 27,8 % дерев мають добрий

- забруднення атмосферного повітря вихлопними газами;
- ущільнення ґрунту через механічний вплив;
- недостатній простір для розвитку кореневої системи;
- нерегулярний догляд або його повна відсутність.

Окремі види виявилися більш адаптивними до умов урбанізованого середовища – зокрема, *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill. та *Populus nigra* L., які переважають серед дерев із добрим станом. Натомість *Fraxinus excelsior* L. та *Betula pendula* (Roth.) частіше перебували у пригніченому або ослабленому стані, що свідчить про нижчу стійкість до міських стрес-чинників.

Наявність значної частки дерев у незадовільному стані створює потенційні фітосанітарні ризики – поширення шкідників і збудників хвороб, загрозу падіння дерев або гілок, а також зниження екологічної та естетичної цінності міського ландшафту.

Висновки. Отримані результати є важливою передумовою для вирішення комплексу завдань, пов'язаних із формуванням міського ландшафту, підвищенням його еколого-естетичної цінності. Реконструкція та

оновлення зелених насаджень сприятиме ефективному виконанню ними екологічних, санітарно-гігієнічних та естетичних функцій, що загалом забезпечить сталий розвиток м. Біла Церква і покращення умов проживання його мешканців.

У результаті проведених досліджень встановлено, що у складі вуличних насаджень уздовж основних автодоріг м. Біла Церква нараховується 59 видів деревних і чагарникових рослин, а також три культиви і три декоративні форми, які належать до 25 родин. Найбільше видове представництво мають родини: *Rosaceae* Juss. – 7 видів (11,9 %), *Salicaceae* Lindl. – 6 видів (10,2 %), *Oleaceae* Lindl. – 5 видів (8,5 %), *Aceraceae* Juss. і *Fabaceae* Lindl. – по 4 види (по 6,8 %), а також *Cupressaceae* Bartl. – 3 види (5,1 %). Сукупно ці родини охоплюють 49,3 % загального видового складу дендрофлори вуличних насаджень міста.

Домінуюче положення серед насаджень займають такі види як *Platanus orientalis* L., *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Morus nigra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus alba* L., *Populus italica* (Du Roi) Moench, *Fraxinus excelsior* L. і *Catalpa speciosa* (Warder ex Barney) Warder ex Engelm.

Серед виявлених таксонів найвищу життєздатність і декоративну цінність продемонстрували *Platanus orientalis*, *Acer platanoides*, *A. saccharinum*, *A. pseudoplatanus*, *Populus alba*, *Morus nigra*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus laevis*, *Tilia platyphyllos*, *Sophora japonica*, *Sophora japonica* 'Pendula', а також *Fraxinus excelsior* 'Golden'. З огляду на це, зазначені види доцільно вважати перспективними для подальшого використання в озелененні та реконструкції зелених насаджень м. Біла Церква з метою підвищення їх екологічної ефективності, функціональності та естетичної привабливості.

Аналіз розподілу дерев за вулицями показав, що найвища щільність зелених насаджень спостерігається на бульварі Олександрійському, вулицях Ярослава Мудрого, Григорія Сковороди та Леваневського. Водночас, уздовж промислових та транспортно перевантажених ділянок (вул. Київська, Заводська, Таращанське шосе) виявлено більшу частку ослаблених дерев із підвищеним рівнем фітопатогенних ушкоджень.

У результаті дослідження вуличних насаджень вздовж автодоріг м. Біла Церква встановлено значне таксономічне різноманіття деревних порід, серед яких переважають

представники родин *Sapindaceae*, *Betulaceae*, *Salicaceae* та *Aceraceae*. Загалом виявлено понад 25 видів дерев.

Оцінка фітосанітарного стану за шкалою Кузнєцова показала, що:

- о 27,8 % – дерев перебувають у доброму стані (1 бал);
- о 47,1 % – у задовільному стані (2 бали);
- о 19,8 % – в ослабленому стані (3 бали);
- о 5,3 % – в пригніченому або аварійному стані (4–5 балів).

Основними причинами ослаблення стану дерев є:

- о негативний вплив вихлопних газів від автотранспорту;
- о ущільнення ґрунту та обмеження простору для розвитку кореневої системи;
- о незадовільні умови догляду або його відсутність.

Виявлено, що такі деревні види як *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* (Mill.) та *Populus nigra* L., демонструють вищу адаптивність до умов міського середовища. Натомість *Fraxinus excelsior* L. та *Betula pendula* (Roth.) частіше зустрічаються в ослабленому стані.

Поточна ситуація засвідчує необхідність запровадження системного фітосанітарного моніторингу, покращення умов утримання вуличних насаджень, а також реконструкції озеленення завдяки санітарному обрізуванню, заміні фаутичних і аварійних дерев та видовому підбору з урахуванням адаптивних властивостей рослин до урбанізованого середовища.

Крім того, доцільним є активне впровадження чагарникових елементів (живоплотів, бордюрів), що сприятиме підвищенню екологічної стійкості й естетичної привабливості міського ландшафту.

Подальші дослідження доцільно зосередити на вивченні динаміки фітосанітарного стану деревних рослин садово-паркових об'єктів упродовж різних сезонів та років, з урахуванням змін кліматичних умов і рівня урбанізаційного навантаження. Важливим напрямом є аналіз біоекологічної стійкості окремих таксонів, зокрема їхньої адаптивності до забруднення повітря, ґрунту та води. Перспективним є також створення електронного кадастру зелених насаджень із геоприв'язкою, що сприятиме підвищенню ефективності управління міською зеленою інфраструктурою та формуванню науково обґрунтованих програм з її реконструкції та розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко Т.О., Дементьєва О.І., Котовська Ю.С. Оцінювання біолого-екологічних властивостей деревних ліан в умовах міста Херсон. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29. № 5. С. 31–35.
2. Boiko T., Dementieva O. The tree vegetation of the Kherson State Agrarian University Arboretum. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. Vol. 8. No 2. P. 120–127. DOI: 10.15421/2018_318.
3. Бойко Т.О., Бойко П.М., Січна Ю.М. Зимостійкість і морозостійкість Albizia julibrissin Durazz в умовах Херсона. Інтродукція рослин. 2017. Вип. 4. Т. 76. С. 63–68.
4. Мельник Т.І. Стан вуличних насаджень центральної частини міста Суми. Вісник Сумського НАУ. Агрономія і біологія. 2015. Вип. 9. Т. 30. С. 221–226.
5. Мельник Т.І., Мельник А.В. Видовий склад і кількісна участь деревних порід у вуличних насадженнях міста Суми. Науковий вісник НУБіП України. Лісове господарство та декоративне садівництво. 2013. Вип. 187. Т. 3. С. 49–55.
6. Склярєнко А.В., Бессонова В.П. Видове різноманіття деревних насаджень у санітарно-захисних зонах промислових підприємств (м. Запоріжжя, Україна). Acta Biologica Sibirica. 2019. Вип. 5. Т. 1. С. 167–174.
7. Київська область. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Київській області за 2024 рік. URL: <https://ecoderp.kyivcity.gov.ua/ekolohichnyi-pasport-ta-rehionalna-dopovid/rehionalna-dopovid>
8. Кузнєцов С.І., Левон Ф.М., Пилипчук В.Ф., Шумік М.І. Екологічні передумови оптимізації вуличних насаджень у Києві. Питання біоіндикації та екології. 1998. Вип. 3. С. 57–64.
9. Шепелюк М.О. Дендрофлора Луцька: формування, видовий склад, біолого-екологічні особливості: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Київ, 2017. 24 с.
10. ДБН В.2.3-5:2018. Державні будівельні норми України. Вулиці та дороги населених пунктів. Київ: Мінрегіон, 2018. 61 с.
11. Мосякін С.Л., Федорончук М.М. Судинні рослини України: номенклатурний визначник. Київ, 1999. 346 с.
12. Кохно М.А. Каталог дендрофлори України. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 448 с.
13. Дендрофлора міст півдня України / М.А. Кохно та ін. Український ботанічний журнал. 1983. Вип. 40. Т. 5. С. 12–14.
14. Кохно М.А., Трофименко Н.М., Пархоменко Л. Дендрофлора України. Дикі й культурні дерева та кущі. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. Ч. 2. 716 с.
15. Левон Ф.М. Рослини культурної дендрофлори в антропогенно трансформованому середовищі. Бюлетень Державного Нікітського ботанічного саду. 1999. Вип. 79. С. 120–127.
16. Левон Ф.М. Біолого-екологічні основи створення зелених насаджень в умовах урбогенного та техногенного середовища: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.01. Львів, 2004. 42 с.
17. Дудин Р.Б., Багацька О.М. Основні напрями реконструкції старовинних та сучасних паркових комплексів. Агробіологія: збірник наукових праць. Біла Церква: БНАУ, 2012. Вип. 8 (94). С. 74–78.
18. Бойко Т.О. Таксономічна структура і стан вуличних насаджень міста Херсон. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29. № 8. С. 51–54.
19. Jim C.Y. Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. Cities. 2004. No 21(4). P. 311–320. DOI: 10.1016/j.cities.2004.04.004.
20. Gill S.E., Handley J.F., Ennos A.R., Pauleit S. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. Built Environment. 2007. 33(1). P. 115–133.
21. Pauleit S., Duhme F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. Landscape and Urban Planning. 2000. 52(1). P. 1–20.

REFERENCES

1. Boiko, T.O., Dementieva, O.I., Kotovska, Yu.S. (2019). Otsinka biolohichnykh ta ekolohichnykh vlastyvostei derevnykh lian u m. Khersoni [Assessment of biological and ecological properties of woody lianas in the conditions of the city of Kherson]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. no. 29(5), pp. 31–35. DOI: 10.15421/40290506.
2. Boiko, T., Dementieva, O. (2018). The tree vegetation of the Kherson State Agrarian University Arboretum. Ukrainian Journal of Ecology. no. 8,(2), pp. 120–127. DOI: 10.15421/2018_318.
3. Boiko, T.O., Boiko, P.M., Sichna, Yu.M. (2017). Zymostiikist i morozostiikist Albizia julibrissin Durazz v umovakh Khersona [Winter hardiness and frost resistance of Albizia julibrissin Durazz in conditions of Kherson]. Introduction of plants [Plant introduction]. no. 4(76), pp. 63–68.
4. Melnik, T.I. (2015). Stan vulychnykh nasadzhen tsentralnoi chastyny mista Sumy [State street planting of central part of the city of Sumy]. Visnyk Sumskoho NAU. Ahronomiia i biolohiia [Bulletin of Sumy NAU. Agronomy and Biology]. no. 9(30), pp. 221–226.
5. Melnik, T.I., Melnik, A.V. (2013). Vydovyi sklad i kilkisna uchast derevnykh porid u vulychnykh nasadzhenniakh mista Sumy [Species composition and quantitative participation of tree species in street plantations of Sumy city]. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Lisove hospodarstvo ta dekorativne sadivnytstvo [Scientific Bulletin of the NULES of Ukraine. Forestry and ornamental horticulture]. no. 187(3), pp. 49–55.
6. Sklyarenko, A.V., Bessonova, V.P. (2019). Vydove riznomanittia derevnykh nasadzhen u sanitarно-zakhysnykh zonakh promyslovykh pidpriem-

stv (m. Zaporizhzhia, Ukraine) [Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhia, Ukraine)]. *Acta Biologica Sibirica*. no. 5(1), pp. 167–174.

7. Kyivska oblast. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u Kyivskii oblasti za 2024 rik [Kyiv region. Regional report on the state of the environment in Kyiv region for 2024]. Available at: <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/ekolohichniy-pasport-ta-rehionalna-dopovid/rehionalna-dopovid>.

8. Kuznetsov, S.I., Levon, F.M., Pilipchuk, V.F., Shumik, M.I. (1998). Ekologichni peredumovy optymizatsii vulychnykh nasadzen u Kyievi [Ecological prerequisites for optimization of street plantations in Kiev]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii* [Questions of bioindication and ecology]. no. 3, pp. 57–64.

9. Shepelyuk, M.O. (2017). Dendroflora Luc'ka: formuvannya, vydoviy sklad, biologo-ekologichni osoblyvosti: dyc. ... kand. s.-g. nauk: 06.03.01 [The dendroflora of Lutsk: formation, species composition, biological and ecological peculiarities: candidate dissertation for agricultural sciences: 06.03.01]. Kyiv, 24 p.

10. DBN.V. 2.3-5:2018. Derzhavni budivelni normy Ukrainy [DBN V.2.3-5:2018. State building norms of Ukraine]. Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv [Streets and roads of settlements]. Kyiv, Min-region, 2018, 61 p.

11. Mosyakin, S.L., Fedoronchuk, M.N. (1999). Vascular plants of Ukraine: a nomenclatural checklist [Vascular plants of Ukraine: a nomenclature guide]. Kyiv, 346 p.

12. Kokhno, M.A. (2001). Katalog dendroflory Ukrainy [Catalog of dendroflora of Ukraine]. Kyiv, Phitosotsiotsentr, 448 p.

13. Kokhno, M.A. (1983). Dendroflora mist pivdnia Ukrainy [Dendroflora of cities of southern Ukraine]. *Ukrainian Botanical Journal* [Ukrainian Botanical Journal]. no. 40(5), pp. 12–14.

14. Koxno, M.A., Trofymenko, N.M., Parxomenko, L. (2005). Dendroflora Ukrainy. Dyki y kulturni dereva ta kushchi [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and bushes]. Kyiv, Fitosociocentr, Part 2, 716 p.

15. Levon, F.M. (1999). Roslyny kulturnoi dendroflory v antropohenno transformovanomu seredovyschi [Plants of cultural dendroflora in the anthropogenically transformant-walled environment]. *Biuletyn Derzhavnogo Nikitskoho botanichnoho sadu* [Bulletin of the State Nikita Botanical Garden]. no. 79, pp. 120–127.

16. Levon, F.M. (2004). Biologo-ekologichni osnovy stvorennja zelenykh nasadzen' v umovakh urbogennogo ta tehnogennogo seredovysch: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.03.01 [Biologic-ecological of a basis of creation of green plantings in conditions

urbagenic and technogenic environments: doctoral dissertation for agricultural sciences: 06.03.01]. Lviv, 42 p.

17. Dudyn, R.B., Bahatska, O.M. (2012). Osnovni napriamy rekonstruktsii starovynnykh ta suchasnykh parkovykh kompleksiv [Main Directions for the Reconstruction of Historical and Modern Park Complexes]. *Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats* [Agrobiology: Collection of Scientific Papers]. Bila Tserkva, Bila Tserkva National Agrarian University, no. 9(94), pp. 74–78.

18. Boiko, T.O. (2019). Taksonomichna struktura i stan vulychnykh nasadzen mista Kherson [The taxonomic structure and condition of street plantings of the city of Kherson]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific Bulletin of UNFU]. no. 29(8), pp. 51–54.

19. Jim, C.Y. (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. *Cities*. no. 21(4), pp. 311–320. DOI: 10.1016/j.cities.2004.04.004.

20. Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*. no. 33(1), pp. 115–133.

21. Pauleit, S., Duhme, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*. no. 52(1), pp. 1–20.

Taxonomic assessment of the dendroflora of garden and park facilities in Bila Tserkva Zelinskyi B.

In today's environment of urbanization and environmental degradation, it is important to preserve and rationally use urban green spaces. Street plantings perform environmental, sanitary, social, and aesthetic functions: they improve the microclimate, reduce noise, and purify the air. However, due to technogenic and anthropogenic factors, trees are often in a depressed state, requiring constant monitoring and scientifically based care. The study was conducted within the urbanized environment of Bila Tserkva using spatial, phytosanitary, and taxonomic characteristics of green spaces. Primary data on the location, species composition, and condition of trees were obtained from the «Smart Green BC» geportal. The condition of public green plantations, including street trees along main roads, was assessed. We identified 4281 greening objects, including 3163 trees. The area of green spaces per capita is 3.1 m², which is significantly below the standard of 7–10 m². The species composition is diverse, dominated by the families *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Oleaceae*, *Aceraceae*, *Fabaceae*; the most common species are *Platanus orientalis* L., *Populus italica* (Münchh.) Moench, *Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L. According to the Kuznetsov scale, more than

48% of plantations require restoration. The main threats are mechanical damage, air pollution, soil compaction, and irregular maintenance. The spread of pests and pathogens also negatively affects the phytosanitary condition. The practical significance of the study is to provide information for effective management of urban greenery, making informed

decisions on plantation renewal, which will contribute to increasing environmental sustainability and life quality of residents.

Key words: taxonomic structure, dendroflora, urbanized environment, Bila Tserkva, street plantings, species composition, adaptability, phytosanitary condition, green spaces, ecological sustainability.



Copyright: Зелінський Б.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:

Зелінський Б.В.

<https://orcid.org/0000-0002-2805-5287>

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 332.122:379.84:582.677.1

Рекреаційний потенціал ботанічних пам'яток природи на прикладі *Liriodendron tulipifera* L.Іллючок В.С. , Марченко А.Б. 

Білоцерківський національний аграрний університет



E-mail: Іллючок В.С. volodymyr.dzk@ukr.net; Марченко А.Б. allafialko76@ukr.net



Іллючок В.С., Марченко А.Б. Рекреаційний потенціал ботанічних пам'яток природи на прикладі *Liriodendron tulipifera* L. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 267–275.

Ilyuchok V., Marchenko A. Recreational potential of botanical natural sightseings on the example of *Liriodendron tulipifera* L. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 267–275.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-267-275

Екологічний туризм спрямований на формування суспільної свідомості щодо охорони та раціонального використання природних багатств, охорони і захисту навколишнього середовища. Мета досліджень передбачала проведення загальної оцінки ботанічних пам'яток природи *L. tulipifera* L. в умовах Київської області для використання їх в організації екологічного туризму, визначення механізмів покращення їх функціонування. Завдання дослідження: проаналізувати ботанічні пам'ятки природи *L. tulipifera* L. як об'єкти рекреаційної зони для використання їх в екотуризмі; розглянути перспективи розвитку маршрутів екотуризму. У переліку природно-заповідного фонду Київської області налічено 69 ботанічних пам'яток природи місцевого значення, за результатами маршрутного обстеження садово-паркових об'єктів Київської області, де під охороною знаходяться ботанічні пам'ятки природи «Тюльпанове дерево». Встановили, що в Державному ДП «Олександрія» НАН України м. Біла Церква зростає декілька дерев *L. tulipifera* L. різної вікової категорії (1850 та 1967 років посадки), в межах комунального підприємства Київської обласної ради «Обласний лісгосп» в адміністративних межах Ворзельської селищної ради (1914 року посадки), м. Сквиря, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції (1950 років посадки). Моніторинг загального стану свідчить про їх високий рекреаційний потенціал і можливість використання для екологізації свідомості населення під час екотуризму. Екотуристська діяльність з використанням ботанічних пам'яток природи «Тюльпанове дерево» може здійснюватися за такими видами туризму: науковий, пізнавальний, освітнянський, екологічний. Перспективними є організація екологічних стежок та екологічних туристичних маршрутів. Для вдосконалення програм відпочинку та організації туризму з метою розвитку рекреаційної діяльності на території громад пропонуємо міським владам планування подальшого розвитку інфраструктури та упорядкування території для туристів і відпочивальників.

Ключові слова: ботанічна пам'ятка природи «Тюльпанове дерево», екологічний туризм, рекреаційний потенціал.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Екологізації свідомості населення, екологічно грамотна взаємодія з довкіллям – найактуальніша проблема сучасності. Одним із таких засобів виховання екологічної свідомості є створення екологічного туризму з його рекреаційними і пізнавальними можливостями. Екологічний туризм

спрямований на формування суспільної свідомості щодо охорони та раціонального використання природних багатств, охорони і захисту навколишнього середовища. Ключовим елементом у розвитку екотуризму й охороні природної спадщини і біорізноманіття є використання ресурсів навколишнього середовища та збереження культурної спадщини регіону.

Види роду *Liriodendron* L. вирізняються високими декоративними та господарсько цінними якостями, що стало передумовою їх інтродукції в Україну. На сьогодні вони зосереджені у ботанічних садах і дендропарках, старовинних парках садово-паркового мистецтва загальнодержавного та місцевого значення, міні-садах приватних об'єктів садово-паркового будівництва, вуличних насадженнях [1]. Рід *Liriodendron* L. родини Magnoliaceae представлений видами *Liriodendron tulipifera* L. та *Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg. Вид *L. tulipifera* L. (ліріодендрон тюльпаноподібний або тюльпанове дерево) – релікт третинного періоду природно поширений на сході Північної Америки, де він росте у складі листяних і мішаних лісів. Вид *Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg. (ліріодендрон китайський) у природних умовах трапляється у Південному Китаї та В'єтнамі. З них в Україні за результатами інтродукції перспективним є вид *L. tulipifera* L. [2–7].

Ліріодендрон тюльпановий (тюльпанове дерево) *L. tulipifera* L. є реліктом, у перекладі з грецької ліріодендрон означає: leirion – лілія та dendron – дерево. Відомо, що ліріодендрони були широко поширені в крейдяному періоді, тобто майже 100 млн років тому на території Євразії, сягаючи широт Києва та Новосибірська. У Європі *L. tulipifera* L. у культуру введений з XVII ст., в Україні – з XIX століття [8, 9]. Природний ареал *L. tulipifera* включає центральну та східну частини Північної Америки (від Масачусетса до Вісконсина) і на південь до Міссурі, Міссісіпі та Флориди. У долині р. Огайо та коло підніжжя Аллеганських гір *L. tulipifera* досягає 45–50 м заввишки за діаметра стовбура до 2,5 м [3]. У природному ареалі *L. tulipifera* росте на родючих вологих ґрунтах, зазвичай в басейнах річок і на схилах гір, де підіймається до висоти 1350–1600 м над рівнем моря [9]. Цей вид чистих насаджень не утворює, росте в широколистяних і змішаних листяно-хвойних лісах, поряд з *Quercus rubra*, *Acer saccharinum*, *Fagus grandifolia*, *Pinus strobus*, *Pinus nigra*, *Tsuga canadensis* та іншими породами, однак належить до світлолюбних порід [3]. Вид може виживати лише в умовах теплого вологого клімату. Холодний і короткий вегетаційний сезон спричинить загибель рослини в зв'язку з неможливістю пристосування загонової системи [10]. Для пагонів *L. tulipifera* характерне поєднання обох типів галузнення, за якого вегетативні пагони є моноподіальними, а вкорочені генеративні – симподіальними [11].

Насіння *L. tulipifera* має невисоку схожість, яка рідко перевищує 10 % [12], тому під час їх розмноження виникають труднощі, пов'язані з розвитком насіння, яке характеризується низькими посівними якостями. Причинами утворення недоброякісного насіння можуть бути розбіжність строків цвітіння чоловічих та жіночих квіток (таке саме явище можна спостерігати і за поодиноким розміщенням дерев); генетична однорідність рослини; несприятливі погодні умови у фазах цвітіння чоловічих та жіночих генеративних органів, що перешкоджають нормальному розвитку плодів і насіння тощо [13]. Насіння *L. tulipifera* швидко втрачає схожість внаслідок повітряно-сухого зберігання, тому його слід сіяти відразу після збирання або весною після 70-добової стратифікації за оптимальної температури 1–2 °C [12].

Liriodendron tulipifera L. – декоративний вид, листки на довгих черешках, лопатеві, ліроподібної форми. На виїмчастій верхівці листка є дві широкі лопаті, а також 2 (4) лопаті в нижній частині листка. Основа листка майже пряма або серцеподібна. Зверху листової пластинки гладенька, темно-зеленого кольору, а зі зворотного боку – блідо-зеленого, сизого. Довжина листка 7–15 см, ширина майже дорівнює довжині. Восени листки мають приємний жовто-лимонний, золотистий колір й помітно вирізняються з-поміж решти дерев. Листки починають опадати наприкінці першої декади листопада. Найбільш ефектний вигляд вони мають під час закінчення росту (друга декада травня), коли набувають максимальних розмірів і характерного кольору. Квітки *L. tulipifera* слабодухмяні, зелено-жовті, з помаранчевими плямами при основі, зовні дуже подібні до тюльпанів, пелюстки завдовжки 5–8 см. Цвітіння дерев розпочинається наприкінці травня – початку червня та триває впродовж двох місяців. У період цвітіння декоративність рослин оцінено у п'ять балів. Плоди *L. tulipifera* є також досить декоративними. Це багатоплодикові шишкоподібні листянки (спіральні багатогорішки) світло-коричневого кольору, завдовжки 4,0–6,0 см, завширшки 1,5–2,5 см. Плодики нерозкриті 1–2 насінні горішки з довгим вузьким загостренням на верхівці крилом. Плоди дозрівають у жовтні, частина з них зберігається на дереві аж до весни. Стовбур *L. tulipifera* циліндричний, світло-сірого кольору, у молодих дерев гладенький, у дорослих – з неглибокими поздовжніми борознами. Молоді пагони гладкі, блискучі, голі, вишневі або червоно-коричневі, які до 3 років

набувають сірого забарвлення; діаметр пагона до 8 мм, поверхня вкрита світлими крапковими та поодинокими дещо сплюсненими сочевичками [5].

Питаннями інтродукції та акліматизації виду *L. tulipifera* в Україні займаються в Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України, Національному Ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України, Ботанічному саду Ужгородського Національного Університету, Ботанічному саду ім. акад. О.В. Фоміна Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, Державному ДП «Олександрія» НАН України та інших установах. У Журавному Львівської області росте 300-літнє тюльпанне дерево. Також є у селі Варяж Львівської області та на території колишнього саду Палацу Потоцьких в місті Шептицький. Зростає в екосистемі Ужгорода, у місті Мукачєво алея обабіч вулиці Соборної, висаджена у 2016 році [14]. Є декілька екземплярів у парку-пам'ятці садово-паркового мистецтва «Байрак» Луцький район Волинської області [15]. Вікові дерева *L. tulipifera*, які є ботанічними пам'ятками природи, оберігаються Законом України «Про природно-заповідний фонд України». Ліро-дендрон тюльпановий (тюльпанове дерево) *L. tulipifera* L. в Україні як ботанічна пам'ятка природи є в адміністративних межах Ворзельської селищної ради Київської області, на території Косівського району Івано-Франківської області, у м. Кам'янець-Подільський та в с. Райківці Хмельницької області, у м. Біла Церква та м. Сквирі Київської області.

На сьогодні в умовах повномасштабного вторгнення країни-агресора та антропогенного навантаження ботанічні пам'ятки природи потребують особливої уваги та дослідження з метою збереження їх життєдіяльності та вивчення акліматизації для подальшого використання в культурфітоценозах. Також об'єкти природно-заповідного фонду мають важливе значення в процесі формування основ екологічного туризму. Тому важливим є залучення до рекреаційної діяльності наявних об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), сформованих згідно із нормами Закону України «Про природно-заповідний фонд України» [16]. Ботанічні пам'ятки природи, які пройшли інтродукцію та акліматизацію і набувають популярності в садово-парковій індустрії є основною базою для поширення екологічних знань, на основі яких слід проводити еколого-освітні акції, круглі столи, лекції та бесіди на природоохоронну тематику, організовувати еколого-освітні стежки.

Мета дослідження – провести загальну оцінку ботанічних пам'яток природи *L. tulipifera* L. в умовах Київської області для використання їх в організації екологічного туризму, зазначити механізми покращення їх функціонування. Завдання дослідження: проаналізувати ботанічні пам'ятки природи *L. tulipifera* L. як об'єкти рекреаційної зони для використання їх в екотуризмі; розглянути перспективи розвитку маршрутів екотуризму.

Матеріал і методи дослідження. Розв'язання завдань статті спиралося на вивчення теоретичних та методичних підходів у сфері природокористування, викладених у працях вітчизняних і закордонних учених. Вихідними матеріалами слугувала інформація нормативних документів, а саме Закони Верховної Ради та постанови Кабінету Міністрів України, сайти обласних держадміністрацій області, сайт Міністерства охорони навколишнього природного середовища України тощо. Упродовж роботи керувалися комплексним і системним підходом та методами дослідження: описовий, теоретичний аналіз, метод аналізу та синтезу, порівняльний [16–19].

Результати дослідження та обговорення. Ботанічні пам'ятки природи – це окремі дерева чи рослинні асоціації, котрі мають вагомое наукове, культурне, історичне або естетичне значення та повний заповідний режим. У переліку природно-заповідного фонду Київської області налічено 69 ботанічних пам'яток природи місцевого значення, з них у Білоцерківському районі – 10 об'єктів, Бориспільському – 12, Бучанському – 10, Вишгородському – 21, Обухівському – 9, Фастівському – 7. Згідно з архівними даними та законодавчими документами, виявлено інформацію про 40 об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення, які на сьогодні відсутні у переліку. Станом на початок 2014 року в Україні налічувалося 46 ботанічних пам'яток природи загальнодержавного значення та 1933 ботанічні пам'ятки місцевого значення площею 2129,6 та 12062,1 га, відповідно [16]. Ботанічні пам'ятки природи є цінними об'єктами природно-заповідного фонду і мають важливе наукове, дидактичне й виховне значення. Пам'ятки природи потребують особливої уваги, охорони, збереження і виконання консерваторських заходів, які полягають у попередженні знищення, пошкодження, деградації та спрямовані на забезпечення оптимальних умов тривалого їх функціонування. Ботанічні пам'ятки природи є важливими складовими забезпечення екологічної рівноваги регіону та розвитку мережі природно-заповідного фонду Київської області. Моніторинг загального

стану об'єктів природно-заповідного фонду допоможе оцінити ботанічні пам'ятки природи за культурно-історичними, художньо-архітектурними, екологічними, рекреаційними та господарськими особливостями з подальшим використанням інформації для екологізації свідомості населення під час екотуризму.

За результатами маршрутного обстеження садово-паркових об'єктів Київської області, де під охороною знаходяться ботанічні пам'ятки природи «Тюльпанове дерево» встановили, що в Державному ДП «Олександрія» НАН України м. Біла Церква зростає декілька дерев *L. tulipifera* L. різної вікової категорії (1850 та 1967 років посадки), в межах комунального підприємства Київської обласної ради «Обласний лісгосп» в адміністративних межах Ворзельської селищної ради (1914 року посадки), у м. Сквирі, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції (1950 років посадки).

У Державному ДП «Олександрія» НАН України зростає декілька дерев *L. tulipifera* L. різної вікової категорії. Станом на 2025 рік,

зберігся один старовіковий екземпляр *L. tulipifera* L., який росте з 1850 року, походження посадкового матеріалу невідоме, висота його 22 м, діаметр стовбура 4,2 м, діаметр крони 14x10 м. Також росте дерево висаджене у 1967 році на колекційній ділянці «Фрутіцетум» та декілька дерев висаджених у період 1980–2000 рр. у кварталах парку [17–19]. У результаті дослідження ці екземпляри знаходяться в доброму стані.

У межах комунального підприємства Київської обласної ради «Обласний лісгосп» ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Тюльпанове дерево» розташована в кв. 18, вид. 7 в адміністративних межах Ворзельської селищної ради (рис. 1). Площа об'єкта становить 0,2 га. Оголошено рішенням виконавчого комітету Київської обласної Ради народних депутатів № 5 від 12.01.1987 р. Одиничний екземпляр тюльпанового дерева, посаджений 1914 року, висота – 25 м, діаметр – 70 см [20]. У результаті дослідження цей єдиний екземпляр знаходиться в доброму стані.

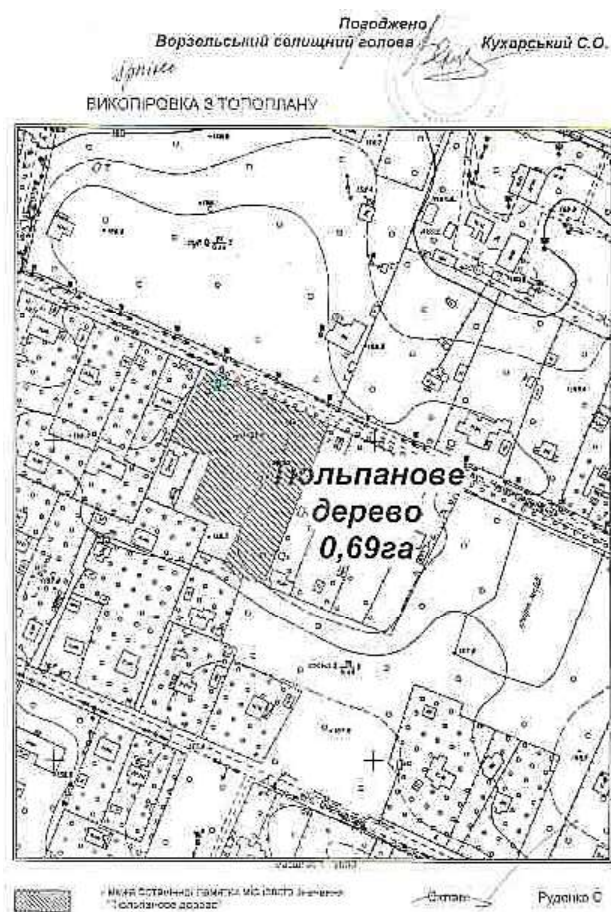


Рис. 1. Місцезоміщення ботанічної пам'ятки природи місцевого значення «Тюльпанове дерево», в адміністративних межах Ворзельської селищної ради Київської області [21].

Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення "Тюльпанове дерево" розташовується в м. Сквирі, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції та займає площу в 0,02 га (рис. 2). Оголошено рішенням 13 сесії Київської обласної ради XXIII скликання від 05.10.2000 р. № 231-13-XXIII. Екземпляри тюльпанового дерева на станції в кількості 3 шт. ростуть групою. Деревя мають вік близько 70 років, висоту – 16 м, діаметром до 25 см, стовбур високоочищений від сучків, прямий правильно циліндричної форми, крона овально-видовжена, кора світло-сіра гладенька, цвіте і плодоносить [22, 23]. У результаті дослідження ці екземпляри знаходяться в доброму та незадовільному стані, також виявлено механічні пошкодження кори внаслідок актів вандалізму людей.

селищної ради Київської області та м. Сквирі, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції);

- встановити огороження навколо об'єктів (в адміністративних межах Ворзельської селищної ради Київської області та м. Сквирі, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції);

- поремонтувати наявні огороження навколо старовікового екземпляра (в Державному дендрологічному парку «Олександрія» НАН України, м. Біла Церква Київської області);

- необхідне підтримання належного санітарного стану території пам'ятки природи (м. Сквирі, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції);

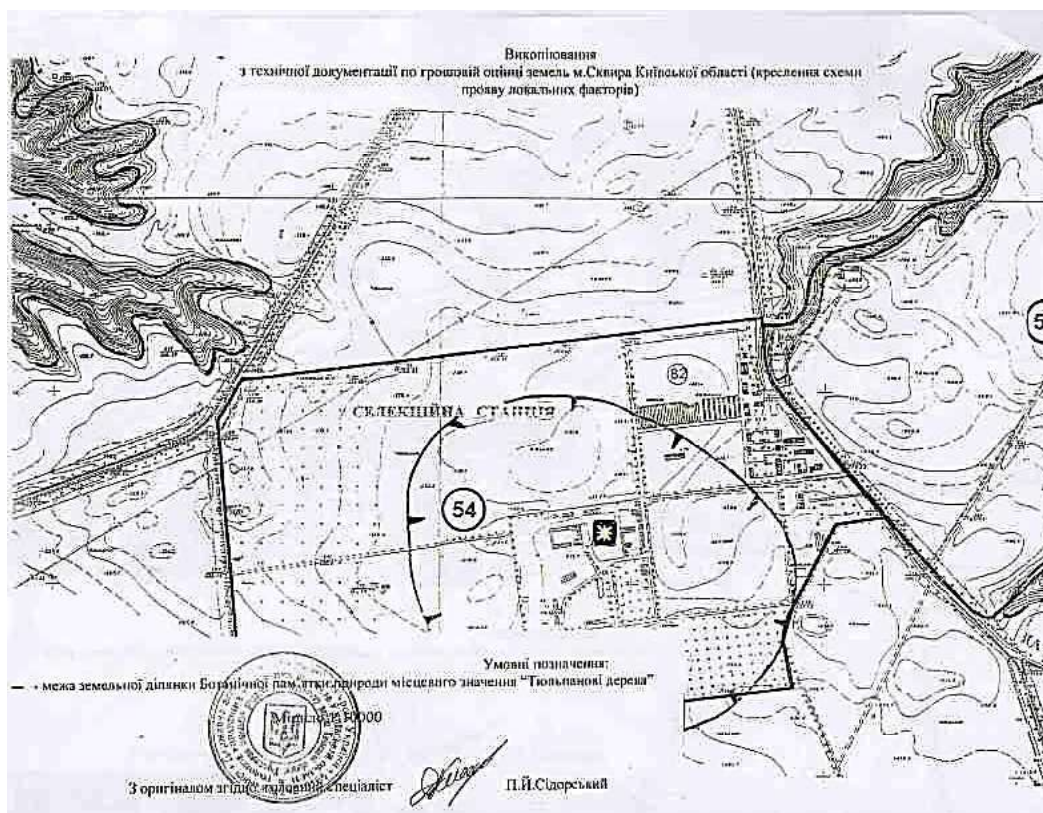


Рис. 2. Місцерозміщення ботанічної пам'ятки природи місцевого значення "Тюльпанове дерево", м. Сквирі [21].

Для покращення стану досліджуваних ботанічних пам'яток природи місцевого значення "Тюльпанове дерево" пропонуємо такі заходи та рекомендації:

- потрібно встановити відповідні знаки про статус пам'ятки природи (в Державному дендрологічному парку «Олександрія» НАН України, м. Біла Церква Київської області, в адміністративних межах Ворзельської

- провести заходи з метою запобігання акту вандалізму, а саме встановлення інформаційного стенду, проведення екскурсій та навчання для мешканців міста (м. Сквирі, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції).

Покращуючи функціонування об'єктів, де наявні ботанічні пам'ятки природи з метою розвитку природно-рекреаційних можливостей необхідно:

- встановити межі територій об'єктів;
- здійснювати ефективне управління об'єктів за сприяння місцевого населення, природоохоронної громадськості, волонтерів, представників туристичного бізнесу;
- осучаснити та впровадити сучасні технологічні методи системного інформування населення про цінність таких територій;
- системно організувати наукову, еколого-освітню, рекреаційну та туристичну діяльність серед населення.

Загалом, природно-рекреаційні можливості об'єктів, де наявні ботанічні пам'ятки природи, дозволяють забезпечити стійкий розвиток туристично-рекреаційного комплексу для задоволення потреб широкого кола туристів.

Висновки. У переліку природно-заповідного фонду Київської області налічено 69 ботанічних пам'яток природи місцевого значення, які є важливими складовими забезпечення екологічної рівноваги регіону та розвитку мережі природно-заповідного фонду. За результатами маршрутного обстеження садово-паркових об'єктів Київської області, де під охороною знаходяться ботанічні пам'ятки природи «Тюльпанове дерево» встановили, що в Державному ДП «Олександрія» НАН України м. Біла Церква зростає декілька дерев *L. tulipifera* L. різної вікової категорії (1850 та 1967 років посадки), в межах комунального підприємства Київської обласної ради «Обласний лісгосп» в адміністративних межах Ворзельської селищної ради (1914 року посадки), у м. Сквирі, вул. Селекційна, 1, Сквирської дослідної станції (1950 років посадки). Моніторинг загального стану ботанічних пам'яток природи «Тюльпанове дерево» свідчить про їх високий рекреаційний потенціал і можливість використання для екологізації свідомості населення під час екотуризму.

Екотуристська діяльність з використанням ботанічних пам'яток природи «Тюльпанове дерево» може здійснюватися за такими видами туризму: науковий, пізнавальний, освітянський, екологічний. Перспективними є організація екологічних стежок та екологічних туристичних маршрутів. Для вдосконалення програм відпочинку та організації туризму з метою розвитку рекреаційної діяльності на території громад пропонуємо місцевим владам планування подальшого розвитку інфраструктури та упорядкування території для туристів і відпочивальників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колесніченко О.В., Слюсар С.І., Якобчук О.М. Особливості насіннюшення та результати інтродукційного випробування *Liriodendron tulipifera* L. Наукові доповіді НУБіП України. 2012. № 4. Вип. 33. 13 с. URL: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_4/12svm.pdf.
2. Казімірова Л.П. Тюльпанне дерево (*Liriodendron tulipifera* L.) у Хмельницькій області. Біорізноманітність флори: проблеми збереження і раціонального використання. Репродуктивна здатність рослин як основа їх збереження і поширення в Україні: матеріали Міжнародної наукової конференції присвячені 150-річчю Ботанічного саду Львівського національного університету ім. Івана Франка і Сесії ради ботанічних садів України. Львів, 2004. С. 105–107.
3. Липа О.Л. Поширення і перспективи культури в УРСР тюльпанового дерева (*Liriodendron tulipifera* L.). Бот. жур. АН УРСР. 1941. Т. I. С. 34–42.
4. Олексійченко Н.О., Китаєв О.І., Гатальська Н.В. Екологічні особливості *Liriodendron tulipifera* L. в умовах Центральнодніпровської височенної області. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 164. Ч. 1. С. 278–287.
5. Сулига Н.В. Перспективи інтродукції *Liriodendron tulipifera* L. у Правобережному Лісо-степу України. Автохтонні та інтродуковані рослини. 2014. Вип. 10. С. 161–167. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/atiru_2014_10_26.
6. Сулига Н.В. Природний та культивований ареал видів роду *Liriodendron* L. Інтродукція рослин. 2015. № 2. С. 23–32. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2015_2_5.
7. Сулига Н.В. Історія культивування *Liriodendron tulipifera* L. у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. Інтродукція, селекція та захист рослин: матеріали III міжнародної наукової конференції. Донецьк, 2012. 117 с.
8. Липа О.Л. Дендрологія з основами акліматизації. Київ: Вища школа, 1977. 224 с.
9. Цхоїдзе Т., Чаїдзе Ф., Конуєлідзе Н., Джакели Дж. Біоекологія тюльпанных деревьев на Черноморском побережье Аджарии. Сучасна фітоморфологія: матеріали II міжнародної наукової конференції з морфології рослин. Львів, 2013. С. 131–137.
10. Сулига Н.В. Характер галузнення пагонів та особливості формування крони *Liriodendron tulipifera* L. Автохтонні та інтродуковані рослини. 2015. Вип. 11. С. 184–192. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/atiru_2015_11_27.
11. Нечитайло В.А., Кучерява Л.Ф. Ботаніка. Вищі рослини. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 432 с.
12. Кохно Н.А. Плоди та насіння дерев та чагарників, що культивуються в Українській РСР. Київ: Наук. думка, 1991. 320 с.
13. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду

НУБіП України. Київ: Вид. центр НУБіП України, 2008. 55 с.

14. Ужгородське "дерево-ліра" квітне тюльпанами. URL: https://web.archive.org/web/20150403230441/http://www.ukrinform.ua/ukr/news/ug-gorodske_derevo_lira_kvitne_tyulpanami_fotoreport-ag_1831775

15. Качаровський Р.Є., Єрко І.В., Чир Н.В., Чижевська Л.Т. Рекреаційний потенціал природно-заповідних об'єктів басейну р. Серна. Рекреаційно-туристичний потенціал регіонів України: сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку: матеріали IV Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції. Луцьк: Терен, 2020. С. 87–90.

16. Заповідна дендросоцїофлора Лїсостепу України / С.Ю. Попович та ін. Київ: ТОВ «Аграр Медїя Груп», 2010. 262 с.

17. Офіційні перелїки регіонально рїдкісних рослин адміністративних територїй України / уклад.: Т.Л. Андрїєнко, М.М. Перегрим. Київ: Альтерпрес, 2012. 148 с.

18. Клименко О.О., Кузнецов С.І. Комплексна оцінка паркових насаджень. Київ, 2014. 66 с.

19. Клименко О.О., Ільєнко О.О., Медведєв В.А. Дендропарк «Тростянець»: методика реконструкції насаджень. Інтродукція рослин. 2001. № 2. С. 208–224.

20. Про природно-заповідний фонд України: Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2456-12>.

21. Бойко Н.С., Кривдюк Л.М. *Liriodendron tulipifera* L. у ландшафтах дендрологічного парку «Олександрія» НАН України. Збірник наукових праць VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Біологічні дослідження – 2017».

22. Зелені патріархи дендропарку «Олександрія»: довідник / уклад. С.І. Галкін та ін. Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2015. 59 с.

23. Каталог деревних рослин дендрологічного парку «Олександрія» Національної академії наук України / за ред. С.І. Галкіна. Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2013. 64 с.

24. Природно-заповідний фонд Київської області / О. Василюк та ін. Київ: НЕЦУ, 2012. 338 с. URL: <https://pryroda.in.ua/kyiv-region/pamyatky-pryrody/tyulpanove-derevo/>

25. Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення "Тюльпанове дерево". URL: <https://pryroda.in.ua/kyiv-region/pamyatky-pryrody/tyulpanove-derevo/>

26. Марченко А.Б. Таксономічний аналіз дендрофлори скверу на території Сквирської дослідної станції Інституту агроєкології: зб. наук. праць. Біла Церква, 2012. Вип. 5(84). С. 5–9.

27. Марченко А.Б., Бачинська О.О. Пам'ятки природи у структурі зелених насаджень м. Сквир Київської області. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква, 2012. Вип. 8 (94). С. 109–112.

REFERENCES

1. Kolesnichenko, O.V., Sliusar, S.I., Yakobchuk, O.M. (2012). Osoblyvosti nasinnienoshennia ta rezultaty introduktsiinoho vyprobuvannia *Liriodendron tulipifera* L. [Peculiarities of seed bearing and results of the introductory trial of *Liriodendron tulipifera* L.]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of the National University of Biology and Chemistry of Ukraine]. no. 4, Issue 33, 13 p. Available at: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_4/12svm.pdf.

2. Kazimirova, L.P. (2004). Tiulpanne derevo (*Liriodendron tulipifera* L.) u Khmelnytskii oblasti Bioriznomanitnist flory: problemy zberezhenia iratsionalnoho vykorystannia [Tulip tree (*Liriodendron tulipifera* L.) in Khmelnytskyi region. Biodiversity of flora: problems of conservation and rational use]. Reproduktyvna zdatsnist roslin yak osnova yikh zberezhenia iposhyrennia v Ukraini: materialy Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii prysviacheni 150-richchiiu Botanichnoho sadu Lvivskoho natsionalnoho universytetu im. Ivana Franka i Sesii rady botanichnykh sadiv Ukrainy [Reproductive ability of plants as the basis of their conservation and distribution in Ukraine: materials of the International scientific conference dedicated to the 150th anniversary of the Botanical Garden of the Ivan Franko National University of Lviv and the Session of the Council of Botanical Gardens of Ukraine]. Lviv, pp. 105–107.

3. Lypa, O.L. (1941). Poshyrennia i perspektivyvy kultury v URSR tiulpanovoho dereva (*Liriodendron tulipifera* L.) [Distribution and prospects of culture in the Ukrainian SSR of the tulip tree (*Liriodendron tulipifera* L.)]. Bot. zhur. AN URSR [Bot. Journal of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR]. Vol. I, pp. 34–42.

4. Oleksiichenko, N.O., Kytaiev, O.I., Hatal'ska, N.V. (2011). Ekolohichni osoblyvosti *Liriodendron tulipifera* L. v umovakh Tsentralnodniprovs'koi vysochennoi oblasti [Ecological features of *Liriodendron tulipifera* L. in the conditions of the Central Dnieper Upland Region Scientific Bulletin]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [National University of Life Resources and Nature Management of Ukraine]. Issue 164, Part 1, pp. 278–287.

5. Sulyha, N.V. (2014). Perspektyvy introduktsii *Liriodendron tulipifera* L. u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Prospects for the introduction of *Liriodendron tulipifera* L. in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Avtokhtonni ta introdukovanii rosliny [Autochthonous and introduced plants]. Issue 10, pp. 161–167. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/atiru_2014_10_26.

6. Sulyha, N.V. (2015). Pryrodnyi ta kul'tyhenyi areal vydiv rodu *Liriodendron* L. [Natural and cultural range of species of the genus *Liriodendron* L.]. Introduktsiia roslin [Introduction of plants]. no. 2, pp. 23–32. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2015_2_5.

7. Sulyha, N.V. (2012). Istoriia kul'tyvuvannia *Liriodendron tulipifera* L. u Natsionalnomu

dendrolohichnomu parku «Sofiivka» NAN Ukrainy [History of cultivation of *Liriodendron tulipifera* L. in the National Dendrological Park "Sofiivka" of the NAS of Ukraine]. Introduktsiia, selektsiia ta zakhyst roslyn: materialy III mizhnarodnoi naukovoï konferentsii [Introduction, selection and protection of plants: materials of the III international scientific conference]. Donetsk, 117 p.

8. Lypa, O.L. (1977). Dendrologiia z osnovamy aklimatyzatsii [Dendrology with the basics of acclimatization]. Kyiv, High school, 224 p.

9. Tskhoydze, T., Chaydze, F., Konuelydze, N., Dzhakely, Dzh. (2013). Byojekolohiia tiulpannykh derev na Chernomorskom poberezhze Adzharyy [Bioecology of tulip trees on the Black Sea coast of Adjara]. Suchasna fitomorfologhiia: materialy II mizhnarodnoi naukovoï konferentsii z morfologii roslyn [Modern phytomorphology: materials of the II international scientific conference on plant morphology]. Lviv, pp. 131–137.

10. Sulyha, N.V. (2015). Kharakter haluzhennia pahoniv ta osoblyvosti formuvannia krony *Liriodendron tulipifera* L. [The nature of shoot branching and the peculiarities of crown formation of *Liriodendron tulipifera* L.]. Avtokhtonni ta introdukovani roslyny [Autochthonous and introduced plants]. Issue 11, pp. 184–192. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/atir_2015_11_27.

11. Nechytailo, V.A., Kucheriava, L.F. (2001). Botanika. Vyshchi roslyny [Botany. Higher plants]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 432 p.

12. Kokhno, N.A. (1991). Plody ta nasinnja derev ta chagarnykyv, shho kul'tyvujut'sja v Ukraïns'kij RSR [Fruits and seeds of trees and shrubs cultivated in the Ukrainian SSR]. Kyiv, Scientific thought, 320 p.

13. Metodychni rekomendatsii z rozmnozhenia derevnykh dekoratyvnykh roslyn Botanichnoho sadu NUBiP Ukrainy [Methodological recommendations for the propagation of woody ornamental plants of the Botanical Garden of the NUBiP of Ukraine]. Kyiv, Publishing Center of NUBiP of Ukraine, 2008, 55 p.

14. Uzhhorods'ke "derevo-lira" kvitne tyul'panamy [Uzhhorod's "lyre tree" blooms with tulips]. Available at: https://web.archive.org/web/20150403230441/http://www.ukrinform.ua/ukr/news/uggorodske_derevo_lira_kvintne_tyulpanami_fotoreportag_1831775

15. Kacharovskiy, R.Ie., Yerko, I.V., Chyr, N.V., Chyzhevska, L.T. (2020). Rekreatsiyni potentsial pryrodno-zapovidnykh ob'ektiv baseinu r. Serna [Recreational potential of nature reserves of the Serna]. Rekreatsiino-turystychni potentsial rehioniv Ukrainy: suchasnyi stan, problemy ta perspektyvy rozvytku: materialy IV Vseukr. nauk.-prakt. internet-konferentsii [River basin Recreational and tourist potential of regions of Ukraine: current state, problems and development prospects: materials of the IV All-Ukrainian scientific and practical Internet conference]. Lutsk, Teren, pp. 87–90.

16. Popovych, S.Iu., Stepanenko, N.P., Diachenko, Ya.M., Vasylyk, O.V. (2010). Zapovidna dendrosozoflora Lisostepu Ukrainy [Reserve dendrosozoflora of the Forest-Steppe of Ukraine]. Kyiv, Agrar Media Group LLC, 262 p.

17. Andrienko, T.L., Peregryn, M.M. (2012). Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisnykh roslyn administratyvnykh terytorii Ukrainy [Official lists of regionally rare plants of administrative territories of Ukraine]. Kyiv, Alterpres, 148 p.

18. Klymenko, O.O., Kuznietsov, S.I. (2014). Kompleksna otsinka parkovykh nasadzen [Comprehensive assessment of park plantings]. Kyiv, 66 p.

19. Klymenko, O.O., Iliencko, O.O., Medviediev, V.A. (2001). Dendropark «Trostanets»: metodyka rekonstruktsii nasadzen [Dendropark "Trostanets": methods of plantation reconstruction]. Introduktsiia roslyn [Introduction of plants]. no. 2, pp. 208–224.

20. Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy: Zakon Ukrainy [On the Nature Reserve Fund of Ukraine: Law of Ukraine]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2456-12>.

21. Boiko, N.S., Kryvdiuk, L.M. *Liriodendron tulipifera* L. u landshtafakh dendrolohichnoho parku «Oleksandriia» NAN Ukrainy [*Liriodendron tulipifera* L. in the landscapes of the dendrological park "Olexandria" of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats VIII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu «Biologichni doslidzhennia – 2017» [Collection of scientific papers of the VIII All-Ukrainian scientific and practical conference with international participation "Biological research – 2017"].

22. Halkin, S.I., Doiko, N.M., Drahan, N.V. (2015). Zeleni patriarkhy dendroparku «Oleksandriia»: dovidnyk [Green patriarchs of the dendrological park "Olexandria"]. Bila Tserkva, LLC "Bilotserkivdruk", 59 p.

23. Halkin, S.I. (2013). Katalog derevnykh roslyn dendrolohichnoho parku «Oleksandriia» Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy [Catalog of woody plants of the dendrological park "Olexandria" of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Bila Tserkva, LLC "Bilotserkivdruk", 64 p.

24. Vasyliuk, O. (2012). Pryrodno-zapovidnyi fond Kyivskoi oblasti [Nature Reserve Fund of Kyiv Region]. Kyiv, NETsU, 338 p. Available at: <https://pryroda.in.ua/kyiv-region/pamyatky-pryrody/tyulpanove-derevo/>

25. Botanichna pam'yatka pryrody mistsevoho znachennya "Tyul'panove derevo" [Botanical natural monument of local importance "Tulip Tree"]. Available at: <https://pryroda.in.ua/kyiv-region/pamyatky-pryrody/tyulpanove-derevo/>

26. Marchenko, A.B. (2012). Taksonomichnyi analiz dendroflory skveru na terytorii Skvyrskoi doslidnoi stantsii Instytutu ahroekolohii: zb. nauk. prats [Taxonomic analysis of the dendroflora of the park on the territory of the Skvyra Experimental Station of the Institute of Agroecology: Collection of Scientific Works]. Bila Tserkva, Issue 5(84), pp. 5–9.

27. Marchenko, A.B., Bachynska, O.O. (2012). Pamyatky pryrody u strukturi zelenykh nasadzen m. Skvyra Kyivskoi oblasti [Natural monuments in the structure of green spaces of the city of Skvyra, Kyiv region]. Ahrobiolohiia: zb. nauk. prats [Agrobiology: Collection of scientific works]. Bila Tserkva, Issue 8 (94), pp. 109–112.

Recreational potential of botanical natural sightseeings on the example of *Liriodendron tulipifera* L.**Ilyuchok V., Marchenko A.**

Ecotourism is aimed at forming public awareness regarding the protection and rational use of natural resources, environmental protection and conservation. The purpose of the research was to conduct a general assessment of botanical natural sightseeings *L. tulipifera* L. in the conditions of Kyiv region for their use in the organization of ecological tourism, and to identify mechanisms for improving their functioning. The study objectives: to analyze botanical natural sightseeings *L. tulipifera* L. as objects of a recreational zone for their use in ecotourism; to consider the prospects for ecotourism routes development. The list of natural reserve fund of Kyiv region includes 69 botanical sightseeings of local importance. According to the results of a route survey of garden and park facilities of Kyiv region, where the botanical natural sightseeing "Tulip Tree" is under protection, it was established that several *L. tulipifera* L. trees of different age categories

(planted in 1850 and 1967) grow in the State Enterprise "Olexandria" of the NAS of Ukraine in the city of Bila Tserkva, within the municipal enterprise of Kyiv regional council "Regional Forestry Farm" within the administrative boundaries of Vorzel settlement council (planted in 1914), the city of Skvyra, Seleksiynna Street, 1, Skvyra Research Station (planted in 1950). General condition monitoring indicates their high recreational potential and the possibility of using them to green the population's consciousness in ecotourism. Ecotourism activities using the botanical natural sightseeing "Tulip Tree" can be carried out in the following types of tourism: scientific, cognitive, educational, ecological. Organization of ecological trails and ecological tourist routes is promising. To improve recreation programs and organize tourism for the purpose of further development of recreational activities in the communities we offer the city authorities to plan further infrastructure development and arrangement of the territory for tourists and vacationers.

Key words: botanical natural sightseein "Tulip Tree", ecological tourism, recreational potential.



Copyright: Іллючок В.С., Марченко А.Б. © 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:

Іллючок В.С.

Марченко А.Б.

<https://orcid.org/0009-0009-8569-7540>

<https://orcid.org/0000-0002-1753-7782>



САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 712.4:711.3]:373.5(477.46-22)

Проектні пропозиції з озеленення та благоустрою території Кузьминогребельського ліцею**Кунпан Л.В.** , **Осіпов М.Ю.** *Уманський національний університет*

E-mail: liliana15kalygna@ukr.net



Кунпан Л.В., Осіпов М.Ю. Проектні пропозиції з озеленення та благоустрою території Кузьминогребельського ліцею. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 276–286.

Kunpan L., Osipov M. Project proposals for greening and beautiful territory of Kuzminogrebel lyceum. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 276–286.

Рукопис отримано: 11.12.2024 р.

Прийнято: 26.12.2024 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-276-286

Експлуатація територій закладів освіти з часом потребує розроблення нових проєктів щодо озеленення та удосконалення благоустрою, покращення естетичного вигляду шкільного подвір'я за допомогою висадки декоративних рослин, підбору малих архітектурних форм, створення природного середовища учнів та вивчення взаємозв'язку сучасного суспільства з природою, формування екологічного мислення учнів та розширення меж функціональності об'єкта озеленення. Періодично потрібно проводити коригування композицій з висаджених декоративних рослин, їх заміну. Вперше розроблено проєкт озеленення та благоустрою території ліцею з урахуванням функціональності, практичності об'єкта дослідження. Ділянка проєктування розташована в с. Кузьмина Гребля Христинівської міської ради Черкаської області. Ліцей знаходиться в центральній частині села та має хорошу транспортну розв'язку. На території об'єкта озеленення та благоустрою було проведено інвентаризацію наявних зелених насаджень, на основі яких розроблені всі графічні креслення. Визначено, що незначна кількість квіткових і дерево-кущових рослин знаходяться в незадовільному стані і потребують заміни. Розроблено заходи щодо покращення озеленення та благоустрою території, її зонування та створення декоративних насаджень у змішаному стилі. На території ліцею запропоновано проведення реконструкції асфальтного покриття, яке перебуває в задовільному стані, встановлення лавок, альтанки, урн для сміття, ліхтарів, яких немає в достатній кількості на території ліцею. З урахуванням санітарно-гігієнічних властивостей зелених насаджень, таких як збагачення повітря киснем, поглинання вуглекислого газу, захист від пилу, виділення фітонцидів, озеленення слід вважати невід'ємною складовою оздоровчого комплексу.

Ключові слова: проєкт озеленення, благоустрій, опорний план, генеральний план, асортиментна відомість.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Зелені насадження на території навчальних закладів покращують мікроклімат, створюють гарні умови для відпочинку на відкритому повітрі, оберігають від надмірного перегрівання ґрунт, стіни будинків і тротуари [1]. Зелені насадження необхідно розташовувати із врахуванням функцій, які вони виконують – захисних, сануючих, декоративних, навчально-виховних [2, 3].

Експлуатація шкільної території з часом потребує розроблення нових проєктів щодо удосконалення та озеленення благоустрою. Періодично потрібно проводити коригування композицій з висаджених декоративних рослин, заміну і ремонт малих архітектурних форм тощо. Як будь-якій споруді потрібен капітальний ремонт, так і ландшафтний дизайн шкільної території потребує проєктних рішень [4]. Можливо, доведеться переформату-

вати призначення території, змінити її площу і рельєф. Оскільки результати благоустрою і озеленення території будуть розраховані не на один рік, вони мають зберігати привабливий вигляд впродовж тривалого часу. Саме тому, ця робота має бути продуманою, плановою та скрупульозною. Для покращення об'єкта дослідження необхідно розробити проєкт ландшафтного дизайну шкільного подвір'я [3].

Згідно з державними будівельними нормами, розміщення та розміри земельних ділянок закладу освіти належить приймати відповідно до будівних норм. Будинки закладів освіти розміщують не ближче 25 м від червоної лінії. За розташування будинків закладу освіти у громадському центрі села відстань допускається зменшувати до 10 м за умови забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних вимог [5]. Відстань від межі ділянок закладів освіти до стін житлових будинків із входами та вікнами приймається не менше 10 м, від будинків закладів освіти до житлових, громадських будинків та споруд – згідно з нормами інсоляції, природного освітлення та шумозахисту. В умовах реконструкції допускається зменшення відстані від проїзної частини вулиць, але це лише у випадку використання шумозахисних заходів [6–8].

Відповідно до державних санітарних норм ділянки школи огорожують парканом (дерев'яним, кам'яним, цегляним, з металевої сітки). У тій частині огорожі, де до школи примикає дорога, висаджують живопліт з дерев і чагарників для зменшення пилу і зниження шуму. Решту частини паркану не слід обсаджувати високими деревами, крім тих випадків, коли з ділянки відкривається малоестетичний вигляд [5]. Якщо школа знаходиться поруч з озеленими ділянками житлових кварталів або з об'єктами міського озеленення, паркан доцільно обсадити кучерявими рослинами або чагарниками, не загороджуючи його суцільною зеленою огорожею [10, 11]. Роботи з озеленення пришкільної ділянки починають з вертикального планування ділянок. Вихідними точками можуть бути геодезичні репери, кути будівель, стовпи, від яких вказані відстані і напрямки до основних точок плану території [12–14].

Як зазначають О.С. Безлюбченко, О.В. Завальний, Т.О. Черноносова [9], ландшафтний дизайн пришкільної території бажано виконати в змішаному стилі. Прямі доріжки, симетричні посадки та геометричні форми клумб підкреслять особливий статус території і будуть налаштовувати дітей на спокійну

і розсудливу поведінку [15, 16]. Перед входом висаджують солітери – одне або декілька декоративних дерев або чагарників, які будуть виділятися на загальному тлі. Вони зроблять композицію цікавою, надавши їй строгості і офіційності. Все оточення шкільної будівлі має сприяти розумінню і прийняттю учнями того, що вони прийшли в школу займатися серйозними справами – отримувати необхідні знання і навички [17, 19].

На думку Н.Я. Крижанівської, А.В. Барбанова [18], територія сучасного закладу освіти потребує зміни зовнішнього вигляду за допомогою створення проєктів озеленення та благоустрою зеленої зони з використанням елементів сучасного ландшафтного дизайну.

Мета дослідження. Розроблення проєкту озеленення та благоустрою території Кузьминогребельського ліцею за допомогою висадки зелених насаджень, підбору МАФ, поділу об'єкта проєктування на функціональні зони.

Матеріал і методи дослідження. Кузьминогребельський ліцей Христинівської міської ради Черкаської області розташований в центрі села Кузьмина Гребля по вулиці Миру 1 (рис. 1).

Будівля ліцею має два поверхи. На першому поверсі розміщені: вестибюль, роздягальні, кабінет директора, спортзал, бібліотека, класи для початкової школи, майстерні та їдальня. На другому поверсі знаходяться: учительська, методичний кабінет, лабораторії з хімії та фізики, а також навчальні кабінети для учнів 5–11 класів. На території розташовані також господарський корпус і школа мистецтв.

Об'єкт проєктування розташований в природно-кліматичній зоні, яка має сприятливі умови для росту і розвитку деревних та квіткових видів рослин. Східна частина території частково обгороджена живоплотом, який потребує оновлення. Головний вхід розміщений в південній частині, біля нього є місця для паркування автомобілів та два асфальтовані під'їзди. Перед входом розташовані клумби регулярного стилю, які поділені доріжками з асфальтовим покриттям і ведуть до парадного двору, який добре поєднаний із системою доріжок навколо будівлі ліцею.

Інвентаризацію наявних насаджень здійснювали відповідно до "Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України" [19]. Під час інвентаризаційних робіт застосовували польовий та камеральний методи оброблення досліджуваного матеріалу [20], які були виконані навесні. За допомогою біометричних показників було визначено вік дерев та кущів [21].



Рис. 1. Кузьминогребельський ліцей Христинівської міської ради Черкаської області.

Результати дослідження та обговорення. Під час проєктування генерального плану об'єкта озеленення проаналізовано топографічні та гідротехнічні особливості місцевості (рис. 2). Було проведено детальне вивчення аборигенної рослинності та занесено її на план. Це потрібно для того, щоб в подальшому за вибору асортименту встановити єдність між насадженнями об'єкта і рослинністю навколишньої місцевості. Також особливу увагу було приділено найбільш цінним деревам, адже для їх формування потрібно багато років.

На генеральному плані вказано розташування ділянки відносно сторін світу, рельєф, особливості ділянки, комунікації та її межі. Генеральний план зображений як вид зверху. Для цього проєкту використовували масштаб – 1: 500.

Під час створення дендроплану важливо правильно скомпонувати рослини, враховуючи низку чинників: загальний вигляд території; архітектурний стиль будівель; рельєф ділянки; ґрунтові умови в місцях посадки рослин; освітленість ділянки та його окремих зон; сумісність рослин, їх абсолютна зимостійкість для цієї місцевості; колірна палітра і забарвлення рослин, час їх цвітіння [22, 23].

Дендрологічний план був розроблений на основі генерального плану у масштабі – 1: 500 (рис. 3). Для будь-якого садово-паркового об'єкта цей план є одним з основних, тому що на ньому зображені запроєктовані рослини, які висаджують на території навчального закладу.

Вивчаючи природно-кліматичні особливості умов регіону, що впливають на зелені насадження, було підібрано асортимент рослин (табл. 1). Враховуючи чинники навколишнього середовища та специфіку ділянки, було встановлено рівень антропогенного впливу.

Біля центрального входу і фасаду будівлі ліцею плануємо створити клумби. Зазвичай клумбу розміщують перед входом у будівлю, оскільки вона є центральною або лінійною композицією.

Важливо правильно вибрати асортимент рослин для будь-якого квітника, зокрема для клумби. Під час підбору рослин слід враховувати, щоб час закінчення цвітіння одного виду або сорту співпадав із початком цвітіння іншого. Варто уникати рослин, які потребують постійного догляду, регулярних підживлень, поливу, прополювання, а також тих, які необхідно викопувати для збереження в зимовий період. Для квіткового оформлення плануємо використовувати: фритіларію (*Fritillaria imperialis*), щучник (*Deschampsia flexuosa*), міскантус китайський (*Miscanthus sinensis Adagio*), язичник зубчастий (*Ligularia dentata*), перстач кущовий (*Potentilla fruticosa Goldfinger*), дельфініум (*Delphinium*), аквілегію гібридну (*Aquilegia*), Обрієта (*Aubrieta*), геленіум гібридний (*Helenium hybridum*), півонію (*Paeonia*), лілійник (*Heimerocallis*), флокс (*Phlox*), жоржини (*Dahlia*), лілію (*Lilium*).



Рис. 2. Генеральний план.

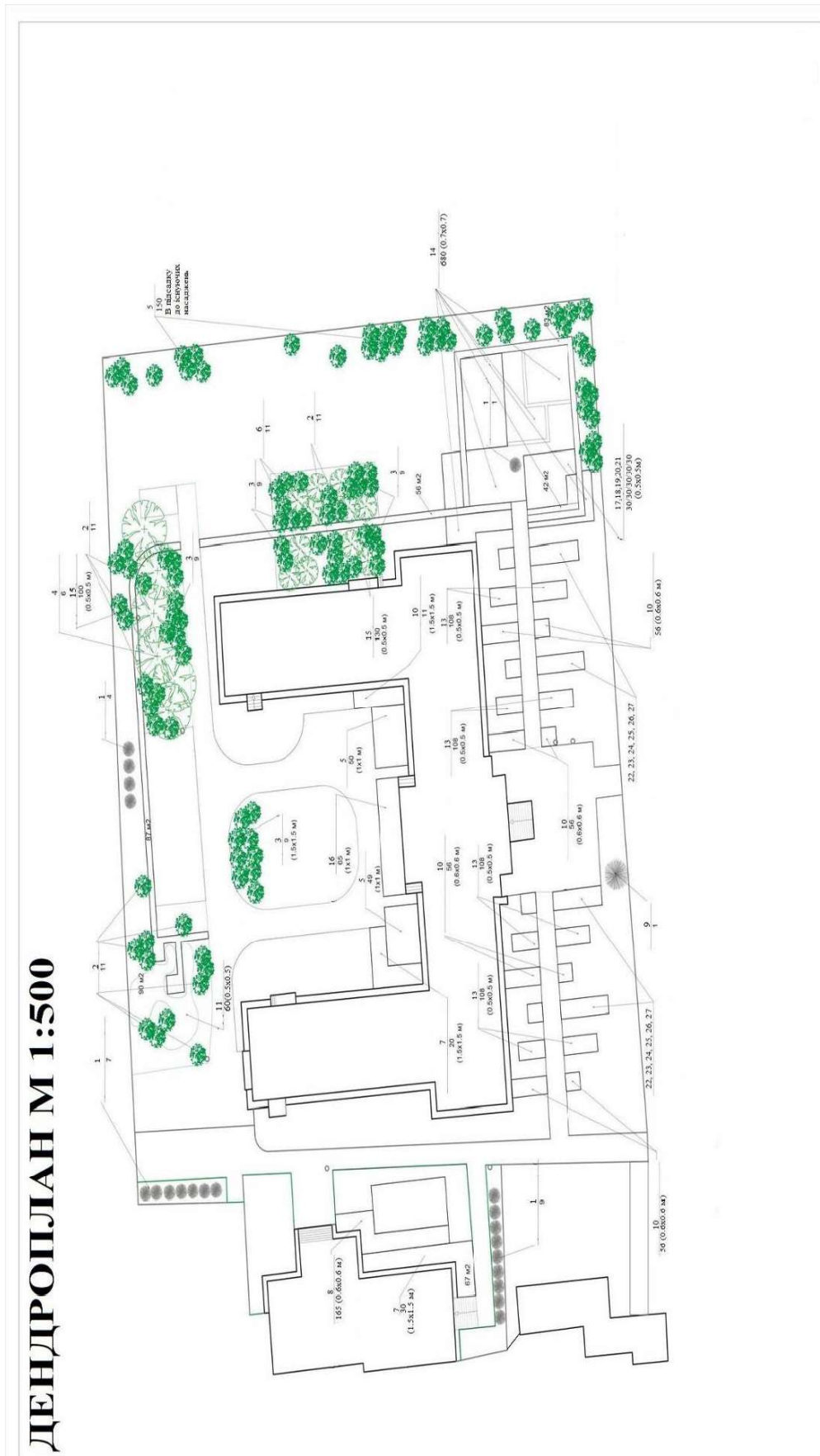


Рис. 3. Дендрологічний план.

Таблиця 1 – Асортиментна відомість садивного матеріалу

№	Назва рослин	Латинська назва	Кількість
Дерева і кущі			
1	Туя західна Смарагд	<i>Thuja occidentalis L.</i>	7
2	Ірга канадська	<i>Amelanchier lamarckii</i>	33
3	Дерен білий Елегантіссіма	<i>Cornus alba Elegantissima</i>	36
4	Верба ламка Булата	<i>Salix fragilis Bullata</i>	2
5	Айва японська Пінк Леді	<i>Chaenomeles x superba Pink Lady</i>	24
6	Клен пальмолистий Бладгуд	<i>Acer palmatum Bloodgood</i>	11
7	Спірея сіра Грефшейм	<i>Spiraea cinerea Greifsheim</i>	16
9	Ялина колюча голуба Глаука	<i>Picea pungens Glauca</i>	1
10	Гортензія метельчата Бобо	<i>Hydrangea paniculata Bobo</i>	22
Разом			152
Квіткові рослини			
11	Фрітіларія	<i>Fritillaria imperialis</i>	30
12	Щучник	<i>Deschampsia flexuosa</i>	32
13	Міскантус китайський adagio	<i>Miscanthus sinensis Adagio</i>	80
14	Язичник зубчастий	<i>Ligularia dentata</i>	130
15	Перстач кущовий Голдфінгер	<i>Potentilla fruticosa Goldfinger</i>	65
16	Дельфініум	<i>Delphinium</i>	20
17	Аквілегія гібридна	<i>Aquilegia</i>	20
18	Купальниця європейська	<i>Tróllius europaéus</i>	5
19	Обріета	<i>Aubrieta</i>	30
20	Геленіум гібридний	<i>Helenium hybridum</i>	30
21	Півонія	<i>Paeonia</i>	30
22	Лілійник	<i>Heimerocallis</i>	40
23	Флокс	<i>Phlox</i>	80
24	Жоржина	<i>Dáhlia</i>	110
25	Лілія	<i>Lilium</i>	100
Разом			1154
Всього			1306

Варто врахувати те, що з самого початку закладання квітника можуть з'явитися вільні місця (рослина може розростатися). Щоб уникнути цієї проблеми, рекомендуємо висаджувати однорічники: чорнобривці (*Tagetes*), цинії (*Zinnia*), незабудки (*Myosotis*), первоцвіт звичайний (*Primula vulgaris*).

Звичайний садово-парковий газон плануємо розташовувати навколо будівлі ліцею та ігрових майданчиків. Це пов'язано з тим, що він доволі довговічний, має високу стій-

кість до ушкоджень механічного походження, морозостійкий, посухостійкий та декоративний.

Саме тому, вивчивши особливості ґрунтово-кліматичних умов об'єкта дослідження, рекомендуємо використовувати: кострицю лучну (*Lolium pratense* (Huds.) Darbysh.), тонконіг вузьколистий (*Poa angustifolia L.*), тонконіг лучний (*Poa pratensis*), польовицю білу (*Agróstis*), житняк гребінчатий (*Agropyron cristatum*) (табл. 2).

Таблиця 2 – Співвідношення трав у травосуміші

Склад травостою	Вміст у суміші, %	Норма висіву насіння кг/га (в чистому вигляді)	Схожість, %
Костриця лучна	40	100	80
Тонконіг вузьколистий	10	130	80
Тонконіг лучний	25	35	70
Польовиця біла	15	10	85
Житняк гребінчатий	10	50	75

За проектування насаджень навчально-го закладу потрібно намагатися максимально врахувати всі цілі та завдання створення зеленої зони, природно-кліматичні умови, потреби населення, функціональність і різноплановість об'єкта, значне рекреаційне навантаження, а також естетичну привабливість та значення у ландшафтному плануванні.

Під час розробки проекту озеленення та благоустрою території ліцею потрібно звернути увагу на зовнішній вигляд, вдале розміщення і компактне сполучення функціональних зон дорожньо-стежкової мережі та використання малих архітектурних форм.

Під час укладання доріжок пропонуємо використовувати декоративну плитку та асфальт. Для кращого сприйняття центрального

входу пропонуємо замінити асфальтовані доріжки і майданчик для проведення урочистих зібрань на покриття із декоративної плитки (рис. 4).

Лавки та альтанки підкреслюють автентичність проекту, надають йому унікальності та створюють особливу атмосферу. Саме тому, вибір та правильне використання цих елементів є важливим етапом у розробці дизайну, який дозволяє створити охайний і гармонійний простір території ліцею.

У процесі детального вивчення території було виявлено, що на ній в недостатній кількості розміщено лавок для сидіння та урн для викидання сміття. Саме з цією метою вносимо пропозицію щодо розміщення лавки біля центральної частини будівлі та ігрових майданчиків ліцею (рис. 5–6).



Рис. 4. Декоративна плитка.



Рис. 5. Паркова лавка.



Рис. 6. Урна для сміття.

Біля кожної лавки на території ліцею виставляємо урни для сміття, зокрема, на сходах біля входних дверей, на ігрових та спортивних майданчиках, біля господарської частини (рис. 7).

Альтанка – це економічно вигідний об’єкт озеленення. Впровадження цієї малої архітектурної форми буде мати як функціональне призначення (захист від сонця, дощу), так і естетичне. Рекомендуємо використати відкриту альтанку з дахом (рис. 7).

го ліцею визначено, що об’єкт дослідження розташований в природно-кліматичній зоні, яка підходить для сприятливих умов росту та розвитку деревних і квіткових видів рослин.

Дослідження об’єкта проектування показало, що на території знаходиться незначна кількість квіткових і дерево-кущових рослин. Дорожньо-стежкова мережа знаходиться в поганому стані, відсутні у достатній кількості малі архітектурні форми (лавки, урни для сміття), територія малоосвітлена.



Рис. 7. Альтанка.

Підраховано, що кошторисна вартість озеленення та благоустрою території Кузьминогребельського ліцею становить 502277 грн. Найбільша сума витрат припадає на проведення робіт з озеленення – 291070 грн, а також на закупівлю садового матеріалу – 80874 грн та малих архітектурних форм – 54700 грн. Вартість створення доріжок становить 50595 грн, для газонного покриття ця сума становить 25038 грн. Календарний план виконання робіт на об’єкті озеленення розроблено згідно з проєктними рішеннями і розрахований на 1 рік.

Отже, реалізація проєкту озеленення і благоустрою території ліцею створить комфортні та сприятливі умови для учнів. Цей підхід також передбачає збереження наявних зелених насаджень, які органічно впишуться в загальну композицію та сприятимуть покращенню мікроклімату на ділянці. А внесені зміни та доповнення у благоустрій території забезпечать їй максимальний комфорт.

Висновки. Відповідно до розроблених проєктних пропозицій щодо озеленення та благоустрою території Кузьминогребельсько-

Саме тому, розроблені проєктні пропозиції щодо благоустрою та озеленення території ліцею включають: покращення наявного асортименту з додаванням красиво квітучих квіткових і дерево-кущових рослин із врахуванням ґрунтово-кліматичних умов; облаштування території квітників; встановлення лавок, урн для сміття, альтанки, ліхтарів по всьому периметру ліцею.

Кошторисна вартість озеленення та благоустрою території Кузьминогребельського ліцею становить 502277 грн. Найбільша сума витрат припадає на проведення робіт з озеленення – 291070 грн, а також на закупівлю садового матеріалу – 80874 грн. та малих архітектурних форм – 54700 грн. Вартість створення доріжок становить 50595 грн, для газонного покриття ця сума становить 25038 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Coolen H., Meesters J. Private and public green spaces: Meaningful but different settings. *Journal of Housing and the Built Environment*. 2012. 27(1). P. 49–67. DOI: 10.1007/s10901-011-9246-5

2. Івченко А.І., Мазепа М.Й., Мельник Ю.А. Словник таксономічних назв деревних рослин. Львів: Світ, 2001. 32 с.
3. Касіна Н.Н., Дабаган І.Л., Соколов С.М. Благоустрій сільських населених пунктів. Київ: Будівельник, 1984. 72 с. URL: <https://opac.library.pl.ua/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1585405>
4. Байрак О.М., Черняк В.М. Наукові принципи оптимізації пришкольних насаджень. Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. 2009. № 7–8. С. 2–5. URL: https://science.btsau.edu.ua/sites/default/files/tezy/material_tezy_ozelen_14-16.05.2020.pdf
5. Про затвердження Положення про дошкільний навчальний заклад: Постанова Кабінету Міністрів України від 12.03.2003 р. 2003. № 305. 476 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/305-2003-%D0%BF#Text>
6. Озеленення дитячого садочка «Софійка» в місті Умань. URL: https://knowledge.allbest.ru/agriculture/2c0a5635b2bd69a5c53b88521206c37_0.html (дата звернення 10.12.2024)
7. Гончаренко Г.Є., Берчак В.С., Берчак М.С. Моніторинг зовнішнього озеленення загальноосвітніх навчальних закладів. Природничі науки і освіта: збірник наукових праць природничо-географічного факультету УДПУ ім. П. Тичини. Умань: Сочінський, 2011. С. 39–43. URL: <https://dspace.udpu.edu.ua/handle/6789/1138>
8. Karlic J.F., Pittenger R.D. Urban trees and ozone formation: a consideration for large scale plantings. University of California Agricultural and Natural Resources. 2012. P. 1–9.
9. Безлюбченко О.С., Завальний О.В., Черносова Т.О. Планування і благоустрій міст: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2013. 204 с.
10. Безроднова О.В., Істомін А.О. Проблема фіторізноманіття у закладах дошкільної освіти: традиційні та інноваційні підходи. Біорізноманіття: теорія, практика, формування здоров'я збережувальної компетентності у школярів та методичні аспекти вивчення у закладах освіти: матеріали Всеукр. наук.-практ. онлайн-конф. Полтава, 2020. С. 398–401. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d9b76e53-1c9e-439e-b36c-fba6571310c8/content>
11. Бойко Т.О., Дементьєва О.І. Екологічні основи створення зелених насаджень на територіях загальноосвітніх закладів міста Херсона. Таврійський науковий вісник. 2018. № 100. С. 220–229. DOI: 10.77(635.9)/712.4.01/712.254(256)
12. Зібцева О.В. Видовий склад, стан і декоративність деревних насаджень навчальних закладів. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28. № 3. С. 22–25. DOI: 10.15421/40280304
13. Косіцина Е.С., Барсуков Г.М., Ганжа О.А. Зелене будівництво та основи дендрології. 2014. 277 с.
14. Курапіна Н.В., Болкунов А.І., Коробова А.А. Озеленення дитячих дошкільних закладів. 2016. № 31. С. 139–146.
15. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць. Львів: Вид-во «Світ», 2005. 456 с.
16. Праходський С.А., Зельвович І.К. Перспективний асортимент деревних рослин для озеленення пришкольних територій. 2015. № 1 (174). С. 227–230.
17. Теодоронський С.С., Горбатова С.І., Горбатов С.І. Озеленення населених місць із основами містобудування. Видавничий центр "Академія", 2013. 128 с.
18. Крижановська М.А., Вотіков М.А., Смірнов О.В. Основи ландшафтно-архітектури та дизайну: підручник. Харків: Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова, 2019. 348 с.
19. Інструкція з технічної інвентаризації зелених насаджень у містах та селищах міського типу України: затверджено Наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України 24.12.2001 № 226; зареєстровано в Мін'юсті України 25.02. 2002 р. № 182/6470. 22 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02>
20. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні. Український інститут експертизи сортів рослин / за ред. С.О. Ткачик; укл. З.Б. Києнко, В.М. Матус. Вінниця, 2016. 109 с.
21. Бовсуновський Є.О., Рябчевський О.В., Браткова К.Ю. Сучасні методи вимірювання параметрів зелених насаджень. Науковий Техноло-гії. 2018. № 37 (1). С. 80–86. DOI: 10.18372/2310-5461.37.12374
22. Совгіра С.В., Гончаренко Г.Є., Містрякова Л.М., Гензюра Т.М. Екологія: озеленення навчального середовища. Київ: Наук. Світ, 2010. 210 с.
23. Гудак В.А. Ландшафтний дизайн сучасного природного навколишнього середовища. Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. 2008. № 11. С. 44–47. URL: <https://hudprom.org.ua/archive/Herald-2008/2008-N11/08gvacne.pdf>

REFERENCES

1. Coolen, H., Meesters, J. (2012). Private and public green spaces: Meaningful but different settings. Journal of Housing and the Built Environment. no. 27(1), pp. 49–67. DOI: 10.1007/s10901-011-9246-5
2. Ivchenko, A.I., Mazepa, M.J., Mel'nik, Ju.A. (2001). Slovník taksonomických názvů dřevinných rostlin [Dictionary of taxonomic names of woody plants]. Lviv, World, 32 p.
3. Kasina, N.N., Dabagjan, I.L., Sokolov, S.M. (1984). Blagoustrij sil'skih naselenih punktiv [Development of rural settlements]. Kyiv, Builder, 72 p. Availbale at: <https://opac.library.pl.ua/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1585405>
4. Bajrak, O.M., Chernjak, V.M. (2009). Naukovi principi optimizacii' prishkil'nih nasadzhen [Scientific principles of optimization of school plantings]. Biblioteka Vseukrai'ns'koi' ekologichnoi' ligi [Library of the All-Ukrainian Environmental League]. Issue 7–8, pp. 2–5.
5. Pro zatverdzhennja Polozhennja pro doshkil'nij navchal'nij zaklad: Postanova Kabinetu Ministriv Ukraїni vid 12.03.2003 p. [On the approval of the

Regulation on the preschool educational institution: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 12, 2003]. 2003, Issue 305, 476 p. Available at: https://science.btsau.edu.ua/sites/default/files/tezy/material_tezy_ozelen_14-16.05.2020.pdf

6. Ozelenennja dytjachogo sadochka «Sofijka» v misti Uman [Landscaping of the Sofijka kindergarten in the city of Uman]. 2024. Available at: https://knowledge.allbest.ru/agriculture/2c0a65635b2b-d69a5c53b88521206c37_0.html

7. Goncharenko, G. Je., Berchak, V. S., Berchak, M. S. (2011). Monitoryng zovnishn'ogo ozelenennja zagal'noosvitnih navchal'nyh zakladiv [Monitoring of external landscaping of general educational institutions]. Pryrodnychi nauky i osvita: zbirnyk naukovykh prac' pryrodnycho-geografichnogo fakul'tetu UDPU im. P. Tychyny [Natural sciences and education: a collection of scientific works of the Faculty of Natural Sciences and Geography of the UDPU named after P. Tychyny]. Uman, Sochinsky, pp. 39–43. Available at: <https://dspace.udpu.edu.ua/handle/6789/1138>

8. Karlic, J. F., Pittenger, R. D. (2012). Urban trees and ozone formation: a consideration for large scale plantings. University of California Agricultural and Natural Resources. pp. 1–9.

9. Bezljubchenko, O. S., Zaval'nyj, O. V., Chernonosova, T. O. (2013). Planuvannja i blagoustrij mist: navch. posib. [Planning and improvement of cities]. Kharkiv, KhNAMG, 204 p.

10. Bezrodnova, O. V., Istomin, A. O. (2020). Problema fitoriznomanittja u zakladah doskil'noi osvity: tradycijni ta innovacijni pidhody [The problem of phytodiversity in preschool education institutions: traditional and innovative approaches]. Bioriznomanittja: teorija, praktyka, formuvannja zdorov'ja zberezhuval'noi kompetentnosti u shkoljariv ta metodychni aspekty vyvchennja u zakladah osvity: materialy Vseukr. nauk.-prakt. onlajn-konf. [Biodiversity: theory, practice, formation of health conservation competence among schoolchildren and methodical aspects of study in educational institutions: materials of all-Ukrainian science and practice online conf.]. Poltava, pp. 398–401. Available at: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d9b76e53-1c9e-439e-b36c-fba6571310c8/content>

11. Bojko, T. O., Dement'jeva, O. I. (2018). Ekologichni osnovy stvorennya zelenykh nasadzhenn' na terytorijah zagal'noosvitnih zakladiv mista Hersona [Ecological foundations of creating green spaces on the territories of general educational institutions of the city of Kherson]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Herald]. Issue 100, pp. 220–229. DOI: 10.77(635.9)/712.4.01/712.254(256)

12. Zibceva, O. V. (2018). Vydovyj sklad, stan i dekoratyvnist' derevnykh nasadzhenn' navchal'nyh zakladiv [Species composition, condition and decorativeness of tree plantations of educational institutions]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 3, pp. 22–25. DOI: 10.15421/40280304

13. Kosicyna, E. S., Barsukov, G. M., Ganzha, O. A. (2014). Zelene budivnytstvo ta osnovy dendrologii'

[Green construction and the basics of dendrology]. 277 p.

14. Kurapina, N. V., Bolkunov, A. I., Korobova, A. A. (2016). Ozelenennja dytjachykh doskil'nyh zakladiv [Landscaping of children's preschool institutions]. Issue 31, pp. 139–146.

15. Kucherjavij, V. P. (2005). Ozelenennja naselenykh misc' [Landscaping of populated areas]. Lviv, Publishing House "World", 456 p.

16. Prahods'kyj, S. A., Zel'vovych, I. K. (2015). Perspektyvnyj asortyment derevnykh roslyn dlja ozelenennja pryshkil'nykh terytorij [Promising range of woody plants for landscaping school grounds]. Vol. 1 (174), pp. 227–230.

17. Teodorons'kyj, S. S., Gorbatova, S. I., Gorbatov, S. I. (2013). Ozelenennja naselenykh misc' iz osnovamy mistobuduvannja [Landscaping of populated areas with the basics of urban planning]. Publishing center "Akademiya", 128 p.

18. Kryzhanovs'ka, M. A., Votikov, M. A., Smirnov, O. V. (2019). Osnovy landshaftnoi arhitektury ta dyzajnu: pidruchnyk [Basics of landscape architecture and design]. Kharkiv, Kharkiv national city university farm named after O. M. Beketova, 348 p.

19. Instruktsiia z tekhnichnoi inventaryzatsii zelenykh nasadzhenn' u mistakh ta selyshchakh miskoho typu Ukrainy: zatverdzheno Nakazom Derzhavnoho komitetu budivnytstva, arhitektury ta zhytlovoi polityky Ukrainy 24.12.2001 № 226; zareiestrovano v Miniusti Ukrainy 25.02. 2002 r. [Instructions for technical inventory of green spaces in cities and urban-type settlements of Ukraine: approved by the Order of the State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine dated 24.12.2001 No. 226; registered with the Ministry of Justice of Ukraine dated 25.02. 2002]. no. 182/6470, 22 p. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02>

20. Tkachyk, S. O., Kyienko, Z. B., Matus, V. M. (2016). Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy dekoratyvnykh, likarskykh ta efirooliynykh, lisovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for conducting the examination of plant varieties of the group of ornamental, medicinal and essential oil, forest for suitability for distribution in Ukraine] Ukrainyskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn [Ukrainian Institute of Plant Variety Examination]. Vinnytsia, 109 p.

21. Bovsunovskiy, Ye. O., Riabchevskiy, O. V., Bratkova, K. Yu. (2018). Suchasni metody vymiruvannia parametriv zelenykh nasadzhenn' [Modern methods of measuring parameters of green spaces]. Naukoiemni Tekhnolohii [Science-intensive Technologies]. no. 37 (1), pp. 80–86. DOI: 10.18372/2310-5461.37.12374

22. Sovgira, S. V., Goncharenko, G. Je., Mistrjukova, L. M., Genz'ora, T. M. (2010). Ekologija: ozelenennja navchal'nogo seredovyshha [Ecology: greening of the educational environment]. Kyiv, Scientific world, 210 p.

23. Gudak, V. A. (2008). Landshaftnyj dyzajn suchasnogo pryrodnogo navkolysn'ogo seredovysh-

ha [Landscape design of modern natural environment]. Visnyk harkivs'koi' derzhavnoi' akademii' dyzajnu i mystectv [Bulletin of the Kharkiv State Academy of Design and Arts]. Issue 11, pp. 44–47. Available at: <https://hudprom.org.ua/archive/Herald-2008/2008-N11/08gvacne.pdf>

Project proposals for landscaping and improvement of Kuzminogrebel lyceum territory
Kunpan L., Osipov M.

The exploitation of the territories of educational institutions over time requires the development of new projects for landscaping and improvement of territory, development of the aesthetic appearance of the school yard by planting ornamental plants, selection of small architectural forms, creation of a natural environment for students and studying the relationship of modern society with nature, formation of ecological thinking. It is necessary to periodically adjust the compositions of ornamental plants and replace them. For the first time, a project of landscaping and improvement of the lyceum territory has been developed, taking into account the functionality and practicality of the research object. The design site is located in the village of Kuzmina Plotina, Khresty-

nivskyi City Council of Cherkasy region. The lyceum is located in the central part of the village and has a good transport interchange. An inventory of the existing green spaces was conducted on the territory of the landscaping and improvement facility, on the basis of which all graphic drawings were developed. It was determined that a small number of flower and tree-shrub plants are in unsatisfactory condition and need to be replaced. Measures have been developed to improve landscaping and the territory improvement, its zoning and creation of decorative plantings in a mixed style. On the territory of the lyceum, it was proposed to carry out the reconstruction of the asphalt surface, which is in a satisfactory condition, to install benches, gazebos, trash cans, lanterns, which are not available in sufficient quantities on the territory of the lyceum. Taking into account the sanitary and hygienic properties of green spaces, such as air enrichment with oxygen, absorption of carbon dioxide, protection from dust, release of phytoncides, landscaping should be considered an integral component of the health complex.

Key words: landscaping project, landscaping, improvement, base plan, master plan, assortment list.



Copyright: Кунпан Л.В., Осіпов М.Ю. © 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:

Кунпан Л.В.

Осіпов М.Ю.

<https://orcid.org/0009-0006-7864-2718>

<https://orcid.org/0000-0001-7004-1164>



САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.3/.99:614.778

Художньо-декоративні принципи підбору рослин
для природотерапіїМарченко А.Б. , Бутенко В.О. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Марченко А.Б. allafialko76@ukr.net; Бутенко В.О. butenko.vika@btsau.edu.ua



Марченко А.Б., Бутенко В.О. Художньо-декоративні принципи підбору рослин для природотерапії. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 287–294.

Marchenko A., Butenko V. Artistic and decorative principles of plant selection for nature therapy. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 287–294.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-287-294

Проаналізувавши колекційні зразки злакових декоративних рослин Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України м. Біла Церква та Ботанічного саду БНАУ встановили, що для композиційних рішень формування ландшафтного простору територій з функцією природотерапії потрібно враховувати такі художньо-декоративні принципи підбору: висота рослин (низькорослі, середньорослі, трави «гіганти»), розмір суцвіття (короткі, довгі і такі що не утворюють або рідко утворюють суцвіття), забарвлення листя (сизе, зелене, з пістрявим листям з білими повздовжніми смугами, з жовто-зеленими повздовжніми смугами, з поперечними смугами різної ширини, червоне), забарвлення суцвіть (зелене, солом'яно-жовте, сріблясте, рожеве, пурпурове).

На основі результатів вивчення декоративних особливостей злакових декоративних рослин та їх впливу на покращення емоційного стану, зниження стресу та створення гармонійного і заспокійливого середовища для відвідувачів, пропонуємо для композиційних рішень ландшафтно-архітектурних просторів з природотерапевтичними функціями використовувати злакові декоративні рослини, які привнесуть відчуття спокою та гармонії. Композиції за участі злакових декоративних рослин потрібно формувати з масивних посадок одного або декількох видів, колір поступається за важливістю ознакам фактури та формі цих масивів. Пропонуємо використовувати такі види: *Festuca glauca*, *Helictotrichon sempervirens* (Vill.) Pilg.), *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng., *Cortaderia selloana*, *Phalaris arundinacea* L., *Calamagrostis acutiflora* (Schrad.) DC. 'Avalanche', *Alopecurus pratensis* L. 'Aureovariegatus', *Miscanthus sinensis* Anderss. 'Strictus' та 'Zebrinus', *Imperata cylindrica*, *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack., *Stipa capillata*, *Eragrostis spectabilis* (Pursh) Steud. 'Purple Love', *Pennisetum glaucum* R.Br. 'Purple Baron'.

Ключові слова: декоративні злакові рослини, природотерапія, ландшафтно-архітектурний простір.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У зв'язку з повномасштабним вторгненням країни-агресора на територію України є актуальною тема реабілітації та відновлення фізичного і психологічного здоров'я учасників бойових дій, військовополонених, людей, які зазнали насильства, внутрішньо переміщених осіб і всіх українців загалом.

У практиці соціально-психологічної реабілітації природотерапію застосовують у різних країнах, наприклад у США (штат Каліфорнія) для реабілітації сімей в умовах паркових зон, а в Сіетлі – для онкохворих людей, у Південній Кореї – для пожежників із посттравматичним стресовим розладом, у Фінляндії – для зменшення рівня самогубств, депресій

та алкоголізму. У Великобританії існують екологічні проекти із очищення лісопаркових зон групою бажаючих людей, де відбувається подвійна взаємодія «людина–людина» та «людина–природа», що, як свідчать учасники проєктів, приводить до покращення самопочуття, настрою, сприяє налагодженню нових контактів, у Японії лісотерапія передбачає відновлення, відпочинок, зміцнення здоров'я (зцілення тіла і душі) за допомогою лісового середовища [1–5]. Також існують міжнародні стандарти та рекомендації щодо ландшафтно-архітектури і дизайну, директиви та настанови на національному рівні, які регулюють проекти будівництва медичних установ і реабілітаційних центрів. Один із таких стандартів – це LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), який визначає критерії сталого будівництва, включаючи ландшафтний дизайн. Крім того, Європейський інститут з дизайну та здоров'я (European Institute for Design and Health) публікує рекомендації щодо ландшафтно-архітектури та дизайну для медичних установ і реабілітаційних центрів.

В Україні згідно з державними будівельними нормами, частка озеленення території медичних закладів має становити 60 % або в середньому 200 м² на особу [6]. На жаль, у нормативних документах ДБН Б.2.2-12:2019 відсутні якісні показники благоустрою територій лікувальних закладів та принципи підбору рослинних компонентів для озеленення. Основне завдання ландшафтно-архітектурних рішень благоустрою територій медичних закладів та реабілітаційних центрів – створення комфортних умов для пацієнтів і працівників, використовуючи рослини і відкритий простір [7].

Природотерапія – ефективна техніка соціально-психологічної реабілітації, яка полягає у відновлювальному впливі природного навколишнього середовища на людину в процесі взаємодії. Завдяки різноманіттю природних ресурсів природотерапія має пізнавальний, оздоровчий та реабілітаційний потенціал, а також характеризується доступністю і малозатратністю з економічного розрахунку та інших технічних засобів.

Класифікація видів природотерапії представлена такими групами [8, 9]:

- «нюхова природна інформація»: ароматична терапія, таласотерапія, аеротерапія, альготерапія;
- «звукова природна інформація»: музикотерапія;
- «візуальна природна інформація»: анімалотерапія, рослинотерапія, хромотерапія або кольоротерапія, ландшафтотерапія;

- «смакова природна інформація»: фітотерапія;

- «тактильно-кінестетична природна інформація»: гідротерапія, кліматотерапія, літотерапія, анімалотерапія.

Методи реабілітації за використання природотерапії [10]:

- терапія занурення у природне середовище;
- садова терапія або гарденотерапія;
- терапевтичний метод відновлення середовища;
- сенсорний сад;
- ландшафтна арт-терапія з використанням ресурсів ботанічного саду або дендрологічного парку;
- анімалотерапія (іпотерапія, каністерапія, фелінотерапія, дельфінотерапія);
- креативні експресивні екотерапії (арт-терапія, музична терапія, драматерапія, танцювальна терапія).

- Одним із перспективних варіантів є формування зелених зон з дотриманням принципів природотерапії:

- візуальна та фізична доступність ландшафту;
- інклюзивність, доступність маломобільних осіб;
- різноманітність функціональних просторів, що відповідають різним потребам;
- забезпечення сенсорної стимуляції.

Дотримання зазначених принципів сприятиме заохоченню відвідувачів до взаємодії з природою і приведе до зменшення стресу та в підсумку забезпечить швидше відновлення нервової системи [11]. За психоеволюційною теорією [12], вода та квіти стимулюють парасимпатичну нервову діяльність і заспокоюють, тимчасом прірви чи небезпечні тварини сприймаються як загроза та викликають негативні емоції – страх, апатію чи ворожість, змушують людину уникати загрози, мобілізуватися та зосереджуватися [13]. Тому формування зелених зон має враховувати емоційне сприйняття рослин та їх вплив на психологічний стан людини. У формуванні простору, який має функцію природотерапії, важливе значення мають злакові декоративні рослини [14, 15]. Їх застосовують для створення зон відпочинку, медитації та інших ландшафтних зон, які сприяють фізичному і психоемоційному відновленню [16]. У багатьох країнах світу злакові декоративні рослини активно використовують в реабілітаційних та оздоровчих закладах [17, 18]. Сади побудовані на комбінуванні різних просторових форм, що заповнюють масивами декоративних злакових

рослин, та мають головне функціональне призначення – надавати ту чи іншу емоційну складову, привносити відчуття спокою та гармонії. Композиції за участі декоративних злакових рослин формують завдяки масивним посадкам одного або декількох видів, колір поступається за важливістю ознакам фактури та формі цих масивів. Тому для побудови садів на території медичних закладів, насамперед, потрібно підбирати декоративні злаки, які є основними складовими композиційних рішень.

Метою дослідження було проаналізувати колекційні зразки злакових декоративних рослин за художньо-декоративними принципами підбору та рекомендувати видові різноманіття для композиційних рішень формування ландшафтного простору територій з функцією природотерапія.

Матеріал і методи дослідження. Вивчення художньо-декоративних принципів підбору злакових декоративних рослин відбувалося за теоретичними і методичними підходами у сфері природокористування, викладених у працях вітчизняних та закордонних учених [19–30]. Під час роботи керувалися комплексним і системним підходом та методами дослідження: описовий, теоретичний аналіз, метод аналізу та синтезу, порівняльний [31–35]. Дослідження щодо вивчення злакових декоративних рослин за художньо-декоративними принципами підбору проводили в умовах розсадників колекцій декоративних трав з родини *Poaceae* в Державному дендрологічному парку «Олександрія» НАН України м. Біла Церква та Ботанічному саду БНАУ.

Об'єктами дослідження були колекційні зразки злакових декоративних рослин, які мають виразні декоративні особливості для озеленення територій з функцією природотерапія (*Festuca gautieri* (Hack.) Richt., *F. ovina* L., *Festuca glauca*, *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths, *Briza media* L., *Stipa capillata* L., *Stipa tenuissima*, *Cortaderia selloana* Aschers. et Graebn., *Panicum capillare* L., *Panicum virgatum*, *Imperata cylindrica* (L.) Beauv 'Red Baron', *Helictotrichon sempervirens* (Vill.) Pilg., *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng., *Pennisetum glaucum* R.Br. 'Purple Baron', *Phalaris arundinacea* L., *Calamagrostis acutiflora* (Schrab.) DC. 'Avalanche', *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth.), *Alopecurus pratensis* L. 'Aureovariegatus', *Miscanthus sinensis* Anderss. 'Strictus' та 'Zebrinus', *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack., *Eragrostis spectabilis* (Pursh) Steud. 'Purple Love', *Hakonechloa macra*, *Molinia caerulea* та ін.

Предметом досліджень є художньо-декоративні особливості рослин, які відіграють вирішальну роль у їх виборі для природотерапії.

Результати дослідження та обговорення.

Вивчення декоративних особливостей колекційних зразків злакових декоративних рослин з родини *Poaceae*, за якими оцінювали вплив композиційних рослинних рішень на емоційний стан відвідувачів, здійснювали за такими показниками: висота рослин, розмір і забарвлення суцвіття, забарвлення листя. Встановили, що за висотою рослин зразки поділяються на: низькорослі – висотою до 50 см, середньорослі – до 150 см та трави «гіганти» – більше 150 см; за розміром суцвіття: короткі – до 10 см, довгі – до 50 см, і такі що не утворюють або рідко утворюють суцвіття; за забарвленням листя: сизе, зелене, з пістрявим листям з білими повздовжніми смугами, з жовто-зеленими повздовжніми смугами, з поперечними смугами різної ширини, червоне; за забарвленням суцвітть: зелене, солом'яно-жовте, сріблясте, рожеве, пурпурове (табл. 1).

На емоційний стан людини має вплив форма куща та суцвіття рослин, а саме злаки з вертикальною формою куща, такі як *Calamagrostis acutiflora* і *Miscanthus sinensis*, створюють відчуття простору, стабільності та порядку, що сприяє зниженню тривожності. Злаки з м'якими, дугоподібними формами, наприклад, *Festuca glauca* та *Stipa tenuissima*, надають відчуття легкості та спокою, сприяючи розслабленню. За висотою рослин досліджувані злакові декоративні рослини розподіляються так: низькорослі висотою до 50 см – *Festuca gautieri*, *F. ovina* L., *Bouteloua gracilis*; середньорослі від 50 до 150 см – *Briza media* L., *Stipa capillata* L. та трави «гіганти» більше 150 см – *Cortaderia selloana* Aschers. et Graebn., види та культивари роду *Miscanthus* Anderss. Суцвіття багатьох злакових рослин мають легку та повітряну структуру, яка створює заспокійливий ефект під час спостереження за їх рухом на вітрі. Наприклад *Pennisetum alopecuroides* з пухнастими, м'якими суцвіттями надає відчуття м'якості та тепла, що позитивно впливає на настрій, а високі й витончені суцвіття *Cortaderia selloana* та *Panicum virgatum* надають відчуття величчя й простору, що стимулює емоційне піднесення. За розміром суцвіття досліджувані злакові декоративні рослини розподіляються так: короткі до 10 см – види роду *Festuca* L., довгі до 50 см – *Cortaderia selloana*, *Panicum capillare* L., види роду *Calamagrostis* Adans. та такі які зрідка утворюють суцвіття – *Imperata cylindrica* (L.) Beauv 'Red Baron'.

Таблиця 1 – Декоративні особливості колекційних зразків злакових декоративних рослин з родини *Poaceae*

Показники		Сортозразки
За висотою рослин	низькорослі – висотою до 50 см	<i>Festuca gautieri</i> (Hack.) Richt., <i>F. ovina</i> L., <i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths
	середньорослі – від 50 до 150 см	<i>Briza media</i> L., <i>Stipa capillata</i> L.
	трави «гіганти» – більше 150 см	<i>Cortaderia selloana</i> Aschers. et Graebn., види та культивари роду <i>Miscanthus</i> Anderss.
За розміром суцвіття	короткі – до 10 см	види роду <i>Festuca</i> L.
	довгі – до 50 см	<i>Cortaderia selloana</i> , <i>Panicum capillare</i> L., види роду <i>Calamagrostis</i> Adans.
	не утворюють або рідко утворюють суцвіття	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv ‘Red Baron’
За забарвленням листя	сизе	<i>Festuca glauca</i> , <i>Helictotrichon sempervirens</i> (Vill.) Pilg.
	зелене	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng., <i>Cortaderia selloana</i>
	пістряве листя з білими повздовжніми смугами	<i>Phalaris arundinacea</i> L., <i>Calamagrostis x acutiflora</i> (Schrader.) DC. ‘Avalanche’
	жовто-зелене з повздовжніми смугами	<i>Alopecurus pratensis</i> L. ‘Aureo variegatus’
	з поперечними смугами різної ширини	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss. ‘Strictus’ та ‘Zebrinus’
	червоне	<i>Imperata cylindrica</i>
За забарвленням суцвіть	зелене	<i>Helictotrichon sempervirens</i> Habit.
	солом’яно-жовте	<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth.
	сріблясте	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Hack., <i>Stipa capillata</i>
	рожеве	<i>Eragrostis spectabilis</i> (Pursh) Steud. ‘Purple Love’
	пурпурове	<i>Pennisetum glaucum</i> R.Br. ‘Purple Baron’

Колір листя також впливає на емоційний стан, оскільки різні відтінки можуть викликати різноманітні емоції, а саме з блакитним відтінком листя створює відчуття прохолоди та спокою, що знижує рівень стресу, з золотисто-зеленим листям надає яскравості й тепла, піднімаючи настрій та додаючи енергії, насичено-зелене листя рослин сприяє зниженню втоми й надає природної свіжості. За забарвленням листя досліджуваних злакових декоративних рослин розподіляються так: сизе – *Festuca glauca*, *Helictotrichon sempervirens*, зелене – *Pennisetum alopecuroides* (L.), *Cortaderia selloana*, злаки з пістрявим листям з білими повздовжніми смугами – *Phalaris arundinacea* L., *Calamagrostis x acutiflora* ‘Avalanche’, з жовто-зеленими повздовжніми смугами – *Alopecurus pratensis* L. ‘Aureovariegatus’, з поперечними смугами різної ширини – *Miscanthus sinensis* ‘Strictus’ та ‘Zebrinus’, червоне – *Imperata cylindrica*. За забарвленням суцвіть досліджуваних злакових декоративних рослин розподіляються так: зелені – *Helictotrichon sempervirens* Habit.;

солом’яно-жовті – *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth.), сріблясті – *Miscanthus sacchariflorus*., *Stipa capillata*; рожеві – *Eragrostis spectabilis* ‘Purple Love’; пурпурові – *Pennisetum glaucum* ‘Purple Baron’.

Висновки. Проаналізувавши колекційні зразки злакових декоративних рослин Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України м. Біла Церква та Ботанічного саду БНАУ встановили, що для композиційних рішень формування ландшафтного простору територій з функцією природотерапії потрібно враховувати такі художньо-декоративні принципи підбору: висота рослин (низькорослі, середньорослі, трави «гіганти»), розмір суцвіття (короткі, довгі і такі що не утворюють або рідко утворюють суцвіття), забарвлення листя (сизе, зелене, з пістрявим листям з білими повздовжніми смугами, з жовто-зеленими повздовжніми смугами, з поперечними смугами різної ширини, червоне), забарвлення суцвіть (зелене, солом’яно-жовте, сріблясте, рожеве, пурпурове).

На основі результатів вивчення декоративних особливостей злакових декоративних рослин та їх впливу на покращення емоційного стану, зниження стресу та створення гармонійного і заспокійливого середовища для відвідувачів, пропонуємо для композиційних рішень ландшафтно-архітектурних просторів з природотерапевтичними функціями використовувати злакові декоративні рослини, які привнесуть відчуття спокою та гармонії. Композиції за участі злакових декоративних рослин потрібно формувати з масивних посадок одного або декількох видів, колір поступається за важливістю ознакам фактури та формі цих масивів. Пропонуємо використовувати такі види: *Festuca glauca*, *Helictotrichon sempervirens* (Vill.) Pilg.), *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng., *Cortaderia selleana*, *Phalaris arundinacea* L., *Calamagrostis acutiflora* (Schrad.) DC. 'Avalanche', *Alopecurus pratensis* L. 'Aureovariegatus', *Miscanthus sinensis* Anderss. 'Strictus' та 'Zebrinus', *Imperata cylindrica*. *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack., *Stipa capillata*, *Eragrostis spectabilis* (Pursh) Steud. 'Purple Love', *Pennisetum glaucum* R.Br. 'Purple Baron'.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Berger R. Nature Therapy – Developing a Framework for Practice. PhD thesis. School of Health and Social Sciences. University of Abertay. Dundee, 2009. 369 p.
- Song C., Ikei H., Miyazaki Y. Physiological Effects of Nature Therapy: A Review of the Research in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016. Vol. 13(8). 781 p.
- Hansen M.M., Jones R., Tocchini K. Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017. Vol. 14 (8). 851 p.
- Sandra Short-Robbins. Therapeutic Wilderness Experiences and Empathetic Perception of At-Risk Adolescent Youth. 2020. 200 p.
- Pourabi Chaudhury and Debanjan Banerjee. Recovering With Nature: A Review of Ecotherapy and Implications for the COVID-19 Pandemic. *Front. Public Health*. 2020. DOI: 10.3389/fpubh.2020.604440/full.
- Державні будівельні норми України. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ: Укрархбудінформ, 2019. 185 с.
- Allahyar M., Kazemi F. Landscape preferences of a children's hospital by children and therapists. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2021. Vol. 58 (1).
- Колток Л., Чапля М. Технології природотерапії як засоби корекції здоров'я молодших школярів. Актуальні питання гуманітарних наук. 2015. Вип. 11. С. 266–271.
- Малишевська І.А. Методика використання природотерапії як технології корекції здоров'я учнів початкової школи: монографія. Умань: Візаві, 2013. 162 с.
- Соціально-психологічна реабілітація дітей та молоді з особливими освітніми потребами: інноваційні технології природотерапії: монографія / О.О. Кравченко та ін. Умань: Візаві, 2020. 144 с.
- Holmes D. The Landscape Spaces of Nelson Mandela Children's Hospital. 2017. URL: <https://worldlandscapearchitect.com/the-landscape-spaces-of-nelson-mandela-childrens-hospital/#.YmlKetrP1Pb>
- Ulrich R. View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science*. 1984. Vol. 224. P. 420–421.
- Maller S.J., Townsend M., Pryor A., Brown P. Healthy Nature Healthy People: Contact with Nature as an Upstream Health Promotion Intervention for Populations. *Health Promotion International*. 2006. Vol. 21(1). P. 45–54.
- Шевчук О.В. Декоративні трави та злаки в садовому дизайні. Львів: Камінь, 2017. 240 с.
- Бутенко В.О. Злакові декоративні рослини у формуванні простору реабілітаційних садів. Інновації у садово-парковому господарстві України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. Біла Церква: БНАУ, 2024. С. 6–8.
- Поліщук О.С. Основи ландшафтного дизайну: навч. посіб. Вінниця: Нова Книга, 2010. 320 с.
- Дарке Р. The Encyclopedia of Grasses for Livable Landscapes. Portland, Oregon: Timber Press, 2007. 344 p.
- Miller R. The Role of Plants in Rehabilitation: A Global Perspective *Journal of Horticultural Therapy*. 2020. Vol. 45. No 3. P. 213–230.
- Кушнір А.І. Колористичні ознаки декоративних рослин та їх вплив на композиційні рішення в сучасному ландшафтному будівництві. Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. Київ: Вид-во КНУ ім. Тараса Шевченка, 2009. Вип. 19–21. С. 147–149.
- Кушнір А.І., Суханова О.А. Композиційні основи формування декоративних насаджень великих міст за участю щеплених видів та форм листяних рослин. Проблеми розвитку міського середовища. 2012. Вип. 7. С. 133–139. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2012_7_22
- Марініч Л.Г., Шакалій С.М., Баган А.В. Характеристика вихідного матеріалу стоколосу безостого для газонного використання. Вісник ПДАА. 2022. № 4. С. 19–24.
- Шакалій С.М., Баган А.В., Марініч Л.Г. Декоративні властивості дерев і кущів. Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали XIII

науково-практичної інтернет-конференції. Полтавський державний аграрний університет. 2022. С. 11–12.

23. Пушкар В.В. Дизайн квітників: навч. посібн. Київ: Вид-во "Альтерпрес", 2007. 336 с.

24. Харитонова І.П. Фізіолого-біохімічні особливості декоративних рослин в умовах інтрер'єрів різного типу. Інтродукція рослин. 2013. № 4. С. 86–91. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2013_4_14

25. Білоус І.Б. Декоративне садівництво. Умань, 2005. 324 с.

26. Жирнов А.Д. Ландшафтна архітектура та дизайн: система композицій у ландшафтному проектуванні: авторська лекція й електронна презентація. Київ: НАКККиМ, 2015. Ч. 1. 2.

27. Жирнов А.Д. Композиційні прийоми формування насаджень в ландшафтах міст: навч. посібн. Київ: НАКККиМ, 2002. 388 с.

28. Білоус В.Л. Садово-паркове мистецтво. Коротка історія розвитку та методи створення художніх садів. Київ: Науковий світ, 2001. 299 с. URL: https://library.udpu.edu.ua/library_files/387668.pdf

29. Декоративне садівництво і квітникарство: навч.-метод. посіб. / С.В. Роговський та ін. Білоцерківський НАУ, 2009. 153 с.

30. Ішук Л.П., Олешко О.Г., Черняк В.М., Козак Л.А. Квітникарство. Біла Церква, 2014. 292 с. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/6850>.

31. Нельгівський Ю.Ю. Ландшафтна архітектура: метод. посіб. Київ, 2007.

32. Вітенко В.А., Баюра О.М., Козаченко І.В. Методика комплексного оцінювання стану деревних рослин на прикладі декоративних форм *Morus alba* L. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29. № 7. С. 13–16. DOI: 10.15421/40290702

33. Мельничук Р.В. Оцінка декоративності зразків колекції роду *Calendula* L. Вісті Біосферного заповідника «Асканія Нова». 2012. Т. 14. С. 516–518.

34. Порада О.А. Методика формування та ведення колекцій лікарських рослин. Полтава: ПП ПДАА, 2007. 50 с.

35. Сиплива Н.О., Гненна М.О., Коляденко С.С., Павленко О.В. Декоративні трав'янисті рослини в Україні (осередки культивування, структура, декоративність). Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2016. № 4. С. 40–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2016_4_9.

REFERENCES

1. Berger, R. (2009). Nature Therapy – Developing a Framework for Practice. PhD thesis. School of Health and Social Sciences, University of Abertay. Dundee, 369 p.

2. Song, C., Ikei, H., Miyazaki, Y. (2016). Physiological Effects of Nature Therapy: A Review of the Research in Japan. International Journal of Environmental Research and Public Health. Vol. 13(8), 781 p.

3. Hansen, M.M., Jones, R., Tocchini, K. (2017). Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Thera-

py: A State-of-the-Art Review. International Journal of Environmental Research and Public Health. Vol. 14(8), 851 p.

4. Short-Robbins, S. (2020). Therapeutic Wilderness Experiences and Empathetic Perception of At-Risk Adolescent Youth. 200 p.

5. Chaudhury, P., Banerjee, D. (2020). Recovering With Nature: A Review of Ecotherapy and Implications for the COVID-19 Pandemic. Frontiers in Public Health. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.604440/full>

6. DBN B.2.2-12:2019. Derzhavni budivelni normy Ukrainy. Planuvannya i zabudova terytorii: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy [State building standards of Ukraine. Territory planning and development: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine]. Kyiv, Ukrarkhbudinorm, 2019, 185 p.

7. Allahyar, M., Kazemi, F. (2021). Landscape preferences of a children's hospital by children and therapists. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 58(1).

8. Koltok, L., Chaplia, M. (2015). Tekhnolohii pryrodoterapii yak zasoby korektsii zdorovia molodshykh shkoliariv [Nature therapy technologies as means of health correction for younger schoolchildren]. Aktualni pytannia humanitarnykh nauk [Current issues of humanities]. Issue 11, pp. 266–271.

9. Malyshevska, I.A. (2013). Metodyka vykorystannya pryrodoterapii yak tekhnolohii korektsii zdorovia uchniv pochatkovoї shkoly: monohrafiia [Methodology of using nature therapy as a technology for correcting the health of primary school students]. Uman, Vizavi, 162 p.

10. Kravchenko, O.O. (2020). Sotsialno-psykholohichna rehabilitatsiia ditei ta molodi z osoblyvymy osvithnimy potrebamy: innovatsiini tekhnolohii pryrodoterapii: monohrafiia [Social and psychological rehabilitation of children and youth with special educational needs: innovative nature therapy technologies]. Uman, Vizavi, 144 p.

11. Holmes, D. (2017). The Landscape Spaces of Nelson Mandela Children's Hospital. Available at: <https://worldlandscapearchitect.com/the-landscape-spaces-of-nelson-mandela-childrens-hospital/#.YmlKetrP1Pb>

12. Ulrich, R. (1984). View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. Science. Vol. 224, pp. 420–421.

13. Maller, S.J., Townsend, M., Pryor, A., Brown, P. (2006). Healthy Nature Healthy People: Contact with Nature as an Upstream Health Promotion Intervention for Populations. Health Promotion International. Vol. 21(1), pp. 45–54.

14. Shevchuk, O.V. (2017). Dekorativni travy ta zlaky v sadovomu dyzaini [Ornamental grasses and cereals in garden design]. Lviv, Kameniar, 240 p.

15. Butenko, V.O. (2024). Zlakovi dekorativni roslyny u formuvanni prostoru rehabilitatsiinykh sadiv [Cereal ornamental plants in shaping the space of rehabilitation gardens]. Innovatsii u sadovo-parkovomu

hospodarstvi Ukrainy: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity ta molodykh uchenykh [Innovations in horticulture and park management of Ukraine: materials of the All-Ukrainian scientific-practical internet conference of higher education seekers and young scientists]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 6–8.

16. Polishchuk, O.S. (2010). Osnovy landshaftnoho dyzainu: navch. posib. [Fundamentals of landscape design]. Vinnytsia, New Book, 320 p.

17. Darke, R. (2007). The Encyclopedia of Grasses for Livable Landscapes. Portland, Oregon, Timber Press, 344 p.

18. Miller, R. (2020). The Role of Plants in Rehabilitation: A Global Perspective. Journal of Horticultural Therapy. Vol. 45, no. 3, pp. 213–230.

19. Kushnir, A.I. (2009). Kolorystychni oznaky dekoratyvnykh roslin ta yikh vplyv na kompozytsiini rishennia v suchasnomu landshaftnomu budivnytstvi [Color characteristics of ornamental plants and their influence on compositional solutions in modern landscape construction]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. Introduktsiia ta zberezheniia roslinnoho riznomanittia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Introduction and conservation of plant diversity]. Kyiv, Publishing House of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Issue 19–21, pp. 147–149.

20. Kushnir, A.I., Sukhanova, O.A. (2012). Kompozytsiini osnovy formuvannia dekoratyvnykh nasadzen velykykh mist za uchastiu shcheplenykh vydiv ta form lystianykh roslin [Compositional bases of formation of ornamental plantings of large cities with the participation of grafted species and forms of deciduous plants]. Problemy rozvytku miskoho sere dovyscha [Problems of urban environment development]. Issue 7, pp. 133–139. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2012_7_22

21. Marinich, L.H., Shakalii, S.M., Bahan, A.V. (2022). Kharakterystyka vykhidnoho materialu stokolosu bezostoho dlia hazonnoho vykorystannia [Characteristics of source material of smooth bromegrass for lawn use]. Visnyk PDAA [Bulletin of PSAA]. no. 4, pp. 19–24.

22. Bahan, A.V., Shakalii, S.M., Marinich, L.H. (2022). Dekorativni vlastyvoli derev i kushchiv [Decorative properties of trees and shrubs]. Aktualni napriamky ta problematyka u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia produktsii roslinnytstva: materialy XIII naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Current directions and issues in crop production technologies: materials of the XIII scientific-practical internet conference]. Poltavskyi derzhavnyi ahraryni universytet [Poltava State Agrarian University]. pp. 11–12.

23. Pushkar, V.V. (2007). Dyain kvitnykariv: navch. posib. [Flower bed design]. Kyiv, Alterpres Publishing House, 336 p.

24. Kharitonova, I.P. (2013). Fizioloho-biokhimichni osoblyvosti dekoratyvnykh roslin v umovakh interieriv riznogo typu [Physiological and biochemical features of ornamental plants in different types of interiors]. Introduktsiia roslin [Plant introduction].

no. 4, pp. 86–91. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2013_4_14

25. Belous, I.B. (2005). Dekorativne sadivnytstvo [Decorative gardening]. Uman, 324 p.

26. Zhyrnov, A.D. (2015). Landsaftna arkhitektura ta dyain: systema kompozytsii u landsaftnomu proektuvanni: avtorska lektiia y elektronna prezentatsiia [Landscape architecture and design: system of compositions in landscape design: author's lecture and electronic presentation]. Kyiv, NAKK-KiM, Part 1, no. 2.

27. Zhyrnov, A.D. (2002). Kompozytsiini pry-iomy formuvannia nasadzen v landshaftakh mist: navch. posib. [Compositional techniques for forming plantings in urban landscapes]. Kyiv, NAKKKiM, 388 p.

28. Belous, V.L. (2001). Sadovo-parkove mystetstvo. Korotka istoriia rozvytku ta metody stvorennia khudozhnykh sadiv [Garden and park art. A brief history of development and methods of creating artistic gardens]. Kyiv, Scientific world, 299 p.

29. Rohovskyi, S.V. (2009). Dekorativne sadivnytstvo i kvitnykarstvo: navchalno-metodychnyi posibnyk [Ornamental gardening and floriculture: educational and methodical manual]. Bilotserkivskyi NAU [Bila Tserkva National Agrarian University]. 153 p.

30. Ishchuk, L.P., Oleshko, O.H., Cherniak, V.M., Kozak, L.A. (2014). Kvitnykarstvo [Floriculture]. Bila Tserkva, 292 p. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/6850>

31. Nelgivskyi, Yu.Yu. (2007). Metodychnyi posibnyk z dystsypliny "Landsaftna arkhitektura" [Methodical manual on the discipline "Landscape architecture"]. Kyiv.

32. Vitenko, V.A., Baiura, O.M., Kozachenko, I.V. (2019). Metodyka kompleksnoho otsiniuvannia stanu derevnykh roslin na prykladi dekoratyvnykh form *Morus alba* L. [Method of comprehensive assessment of woody plants condition on the example of ornamental forms of *Morus alba* L.]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 29, no. 7, pp. 13–16. DOI: 10.15421/40290702

33. Melnychuk, R.V. (2012). Otsinka dekorativnosti zrazkiv kolektsii rodu *Calendula* L. [Assessment of decorativeness of specimens from the *Calendula* L. genus collection]. Visti Biosferneho zapovidnyka "Askaniia Nova" [News of the Askania Nova Biosphere Reserve]. Vol. 14, pp. 516–518.

34. Porada, O.A. (2007). Metodyka formuvannia ta vedennia kolektsii likarskykh roslin [Methodology of formation and management of medicinal plant collections]. Poltava, PP PDAA, 50 p.

35. Syplyva, N.O., Hnenna, M.O., Koliadenko, S.S., Pavlenko, O.V. (2016). Dekorativni travianisti rosliny v Ukraini (oseredky kultyvuvannia, struktura, dekorativnist) [Ornamental herbaceous plants in Ukraine (cultivation centers, structure, decorativeness)]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahraryni akademii [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]. no. 4, pp. 40–44. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2016_4_9

Artistic and decorative principles of plant selection for nature therapy

Marchenko A., Butenko V.

Having analyzed the collection samples of ornamental cereal plants of the State Dendrological Park "Olexandria" of the National Academy of Sciences of Ukraine, Bila Tserkva and the Botanical Garden of BNAU, we found that for compositional solutions of the formation of landscape space of territories with the function of nature therapy, the following artistic and decorative principles of selection should be taken into account: plant height (low-growing, medium-growing, "giant" grasses), inflorescence size (short, long), leaf color (gray, green, with variegated leaves, with white longitudinal stripes, with yellow-green longitudinal stripes, with transverse stripes of different widths, red), inflorescence color (green, straw-yellow, silvery, purple), pink. Based on the results of studying the decorative features of ornamental cereal plants and their impact on improving emotional state, reducing stress and creating a harmonious and calming environment for visitors, we propose using ornamental cereal plants for compositional solutions of landscape and architectural spaces with peri-natural functions, which will bring a sense of peace and harmony.

After analyzing the collection samples of ornamental cereal plants from the State Dendrological Park "Alexandria" of the National Academy of Sciences of Ukraine in Bila Tserkva and the Botanical Garden of the BNAU, it was established that for compositional solutions for the formation of landscape space in areas with a nature therapy function, the fol-

lowing artistic and decorative principles of selection should be taken into account: plant height (low-growing, medium-growing, "giant" grasses), inflorescence size (short, long, and those that do not form or rarely form inflorescences), leaf color (blue, green, variegated leaves with white longitudinal stripes, with yellow-green longitudinal stripes, with transverse stripes of various widths, red), inflorescence color (green, straw-yellow, silvery, pink, purple).

Based on the research results of decorative features of ornamental cereals and their impact on improving emotional state, reducing stress, and creation a harmonious and calming environment for visitors, we suggest using ornamental grasses for landscape and architectural space design solutions with nature therapy functions, which will bring a sense of peace and harmony. Compositions involving ornamental grasses should be formed from massive plantings of one or several species, with color being secondary in importance to the texture and shape of these arrays. We suggest using the following species: *Festuca glauca*, *Helictotrichon sempervirens* (Vill.) Pilg., *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng., *Cortaderia selloana*, *Phalaris arundinacea* L., *Calamagrostis acutiflora* (Schrud.) DC. 'Avalanche', *Alopecurus pratensis* L. 'Aureovariegatus', *Miscanthus sinensis* Anderss. 'Strictus' and 'Zebrinus', *Imperata cylindrica*, *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth., *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack., *Stipa capillata*, *Eragrostis spectabilis* (Pursh) Steud. 'Purple Love', *Pennisetum glaucum* R.Br. 'Purple Baron'.

Key words: ornamental cereals, nature therapy, landscape architecture space.



Copyright: Марченко А.Б., Бутенко В.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:

Марченко А.Б.

Бутенко В.О.

<https://orcid.org/0000-0002-1753-7782>

<https://orcid.org/0009-0002-6677-188X>



САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.542.11:581.527

Аналіз використання декоративних злакових рослин у сучасній флористиці для композиційних рішеньМарченко А.Б. , Житник І.С. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Марченко А.Б. allafialko76@ukr.net; Житник І.С. innazhytnyk@btsau.edu.ua



Марченко А.Б., Житник І.С. Аналіз використання декоративних злакових рослин у сучасній флористиці для композиційних рішень. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 295–302.

Marchenko A., Zhytnyk I. Use analysis of ornamental cereal plants in modern floristry for compositional solutions. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 295–302.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-295-302

Фітодизайн спрямований на об'єднання рослинного і предметного світу, він проводить лінію гуманізації штучного середовища, а також допомагає розробити продумане, науково обґрунтоване дизайнерське рішення щодо введення рослин в інтер'єри. Метою статті було вивчити видовий склад декоративних злакових рослин, які використовують у флористиці та встановити перспективні декоративні злакові рослини для композиційних рішень. Вивчення асортименту декоративних злакових рослин, які використовують у сучасній флористиці, проводили за теоретичними та методичними підходами у сфері фітодизайну. У результаті літературного аналізу, флористичних та фітодизайнерських студій встановили, що асортимент рослин який використовують для флористики представлений 161 видом із 48 родин 25 порядків. За кількістю видів домінування мають порядки *Asterales* і *Poales* Small. та родини *Asteraceae* Bercht. & J.Presl і *Poaceae* Barnh. Для формування композицій найчастіше використовують суцвіття декоративних та дикорослих злакових рослин з родів *Aīra*, *Arundo*, *Bouteloua*, *Coix*, *Dactylis*, *Stipa*, *Lagurus*, *Alopecurus*, *Setaria*, *Panicum*, *Bromus* L., *Poa*. З кожним роком асортимент декоративних злакових рослин для композиційних рішень у флористиці збільшується. Тому, проаналізувавши асортимент декоративних злакових рослин які використовують в ландшафтному дизайні та вирощують в розсадниках декоративних рослин, дійшли висновку, що перспективними є 47 видів із родини *Poaceae* Barnh. Із них може бути використаний як формувальний матеріал або лінійний рослинний матеріал – 17 видів та 41 культивар; як домінанта або фокусувальний матеріал – 30 видів та 41 культивар; як рослинний матеріал-наповнювач або додатковий матеріал – 29 видів та 25 культиварів.

Ключові слова: фітодизайн, композиції, декоративні злакові рослини, види, культивари.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На сьогодні відбувається активний розвиток різноманітних концепцій інтер'єрів. Фітодизайн спрямований на об'єднання рослинного і предметного світу, він певною мірою проводить лінію гуманізації штучного середовища, а також допомагає розробити продумане, науково обґрунтоване дизайнерське рішення щодо введення рослин в інтер'єри.

Фітодизайн – напрям в дизайні, де головними компонентами слугують рослини, або композиції з них. Слово «фітодизайн» походить від «фіто» – рослина, і «дизайн» – художнє конструювання. Основними завданнями цього напрямку є: естетико-психологічна дія на стан людини за допомогою краси, форми та кольору природних об'єктів, оздоровлення навколишнього простору завдяки виділенню фітонцидів, очищення повітря від

пилу, газів, неприємних ароматів, зниження рівня шуму та біоіндикації [1, 2]. Слово «букет» французького походження (франц. bouquet) і у перекладі означає – красиво підібрані та скріплені квіти. Завдання флориста під час роботи із букетом – розкрити природну красу кожної квітки окремо і задум флориста загалом [3]. Асортимент живих рослин, що використовують для букетів, досить різноманітний. Композиція (від лат. compositio – складаю) в широкому розумінні – це побудова художньої форми: реальне або ілюзорне формування простору і об’єму, симетрія і асиметрія, масштаб, ритм і пропорції, нюанс і контраст, перспектива, угруповання, кольорне вирішення тощо. Композиція організує як внутрішню побудову твору, так і його співвідношення з інтер’єром простору [4]. Уміння створювати квіткові композиції набуло в Японії права мистецтва і отримало назву «ікебана», що у перекладі означає: «збереження квітів в другому житті». Для правильного складання букета або квіткової композиції необхідно враховувати сім основних ознак: стиль, масштаб, фон, врівноваженість, текстура, динамізм, колір [5].

Сучасний фітодизайн не обмежується використанням для прикрашання інтер’єру звичайних рослин в горщиках. Особливу увагу фітодизайнери приділяють саме оформленню та розташуванню рослинної композиції, використовуючи дизайнерські горщики, кашпо, оригінальні підставки та інші декоративні елементи, зокрема композиції із сухих рослин [7–9]. У композиціях разом з квітучими рослинами широко використовують декоративно-листяні рослини, злаки, гілочки дерев і чагарників. У осінньо-зимовий період, коли мало квітів, гарною прикрасою можуть слугувати композиції з гілочок, сухих квітів, трав і різних рослин. У зимових букетах використовують сухоцвіти (аммобіум, акроклі- нум, гелехрізум, статиця, гомфрена), злаки (зайцехвіст, трясучка, ячмінь гривастий), а також гіпсофілу багаторічну, ковилу, рогіз, оранжевий фізаліс тощо [10].

На думку культурологів, мистецтво створювати букети із сухих квітів прийшло в Європу зі Сходу. У XIX ст. композиції із сухоцвітів були досить популярними, у XX ст. втратили свою привабливість і стали асоціюватися з поганим смаком. На сьогодні композиційні рішення із сухоцвітів та консервованих рослин мають попит у фітодизайні просторів. На відміну від живих квітів, які насамперед використовують для вираження своєї уваги, композиції із сухоцвітів – це атрибут

інтер’єру. Уміло підібрані композиції із сухоцвітів прикрашають фойє готелів, ресторанів і офісів, ресторани зали, приватні будинки [11]. Матеріал для складання сухих композицій використовують найрізноманітніший: це і природні сухоцвіти, тобто ті рослини, які висихаючи, зберігають свою декоративність, і звичайні садові та польові квіти, висушені спеціальним способом, і декоративна цибуля, папороті, хлібні злаки, гілки чагарників і дерев, засушені разом із плодами, такі як глід, барбарис, калина, обліпиха, сніжноягідник, бересклет і багато інших. Із водяних і лугових рослин можна використовувати для букетів очерет, осоку, рогіз [12, 13].

У декоративному садівництві ландшафтні дизайнери для композиційних рішень ландшафтно-архітектурних просторів садово-паркових об’єктів поруч з квітами, почали широко використовувати декоративні злаки, яких на сьогодні відомо більше 400 видів [14, 15]. Із декоративних злаків можна складати як самостійну ландшафтну експозицію, так і доповнювати деревно-чагарникові насадження або трав’янисті багаторічники [16, 17]. Використовують їх у ролі як солітерів, так і фонових рослин, для міксбордерів і альпійських гірок, для створення окремих декоративних груп [18]. Також особливу увагу декоративним злаковим рослинам приділяють флористи та майстри фітодизайну [19, 20]. Злаки цінують не лише за незвичайну оригінальну форму куща, цікаве сезонне забарвлення листя, привабливе колосіння, а також за тривалий період декоративності [21, 22]. У флористиці злакові рослини надають композиціям із сухоцвітів повітряної легкості, яскравіше вимальовуються форми та забарвлення квітів. Під час складання композицій найчастіше використовують суцвіття декоративних та дикорослих злакових рослин родини Poaceae з родів *Aīra*, *Arundo*, *Bouteloua*, *Coix*, *Dactylis*, *Stipa*, *Lagurus*, *Alopecurus*, *Setaria*, *Panicum*, *Bromus* L., *Poa* [23].

Мета дослідження – вивчити видовий склад декоративних злакових рослин, які використовують у флористиці та встановити перспективні декоративні злакові рослини для композиційних рішень.

Матеріал і методи дослідження. Рослинний матеріал у флористиці представлений свіжозрізаними квітами та іншими декоративно-листяними рослинами, сухоцвітами та консервованими рослинами, а також іншими матеріалами рослинного походження. Рослинний матеріал для флористики може бути умовно розділений на 3 групи:

- Формувальний матеріал або лінійний рослинний матеріал – стебла високих трав, високорослі декоративні рослини або велике листя, яке використовують для формування структури або скелета композиції.

- Домінанта або фокусувальний матеріал – великі квіти або суцвіття, яскраве листя.

- Рослинний матеріал-наповнювач або додатковий матеріал – різне листя або дрібні квіти, якими прикривають кріплення та краї вази і які, водночас, додають різноманітності вигляду та колірної гами композиції і заповнюють порожнечі.

Вивчення асортименту декоративних злакових рослин, які використовують у сучасній флористичі, проводили впродовж 2023–2025 рр. у приватних флористичних та фітодизайнерських студіях м. Біла Церква за теоретичними та методичними підходами у сфері фітодизайну. Під час роботи керувалися комплексним і системним підходом та методами дослідження: описовий, теоретичний аналіз, метод аналізу та синтезу, порівняльний метод [24–31].

Результати дослідження та обговорення. У результаті літературного аналізу, флористичних та фітодизайнерських студій встановили, що асортимент рослин, який використовують для флористики, представлений 161 видом із 48 родин 25 порядків (табл. 1). За кількістю видів домінування мають порядки *Asterales* і *Poales* Small. та родини *Asteraceae* Bercht. & J.Presl і *Poaceae* Barnh.

Під час вивчення видового різноманіття родини *Poaceae* Barnh. відмітили, що за формування композицій найчастіше використовують суцвіття декоративних та дикорослих злакових рослин з родів *Aïra*, *Arundo*, *Bouteloua*, *Coix*, *Dactylis*, *Stipa*, *Lagurus*, *Alopecurus*, *Setaria*, *Panicum*, *Bromus* L., *Poa*.

Айра або Аїра *Aïra* – рід однорічних рослин, який включає 9 видів: *A. Caryophyllea* L., *A. cupaniana* Guss., *A. elegantissima* Schur, *Aira hybrid* Gaudich., *A. praecox* L., *A. provincialis* Jord., *A. scoparia* Adamovic, *A. tenorei* Guss., *A. uniaristata* Cav. Використовують у флористичі суцвіття – відкрита, нещільна, зворотнойцуповата волоть, довжиною 4–9 см, шириною 2–5 см, колосочки поодинокі, родючі колосочки на квітконіжках. Колосочки довгасті, стиснуті збоку, 1,5–2,5 мм завдовжки, розпадаються у зрілості, розчленовуючись під кожною родючою квіткою. Колоскові луски схожі, блискучі, завдовжки 1,5–2,5 см, верхівки гострі. Арундо *Arundo* – рід багаторічних рослин висотою 2–4 м. Використовують у флористичі суцвіття – волоть, досить вели-

ка за розміром, складена багатьма колосками. За даними бази The Plant List, рід включає 5 видів: *A. collina* Ten., *A. donax* L., *A. formosana* Hack., *A. mediterranea* Danin, *A. plinii* Turra. Бутелуа елегантна *Bouteloua gracilis* – багаторічна рослина роду *Bouteloua* родини *Poaceae* висотою 40–60 см. Використовують у флористичі листя та суцвіття – тонке світло-зеленого забарвлення, квітує колосками, що звисають ніби щитоподібні дзвіночки, які розташовані горизонтально на верхівці кожного квіткового пагона. Рід *Coix* включає 3 види: *Coix aquatica* Roxb., *Coix gasteenii* B.K. Simon, *Coix lacryma-jobi* L. Найбільш культивований у флористичі – вид *Coix lacryma-jobi* (Ювлеві сльози, кокс сльози Йови, бусенник звичайний, Йови сльози, Богородиці сльози, бусенник, сльозник, або адлай). Трав'яниста багаторічна рослина може досягати 50–200 см висоти. Використовують у флористичі суцвіття – колосоподібна кисть. Рід Грястиця *Dactylis* представлений видами *D. Glomerata* L., *D. Marina* Borrill., *D. Metlesicsii* Schönfelder & Ludwig., *D. Smithii* Link (syn. *D. Glomeratasubsp. smithii* (Link) Stebbins & Zohary). Види роду *Dactylis* – багаторічні рослини, заввишки до 140 см, і трикутної форми суцвіття-віник 10–15 см завдовжки, які за настання насінної зрілості змінюють колір на сіро-коричневий. Колоски 5–9 мм довжиною. Стебла широколінійні, що відрізняє їх від багатьох інших трав. Використовують у флористичі суцвіття. Рід Ковила *Stipa* – за різними класифікаціями представлений від 150 до 300 видами. На території України зустрічаються 27 видів. Використовують у флористичі суцвіття – волотисте, колоски містять по одній квітці, покривних лусок 2, зовнішня квіткова переходить в довгий, здебільшого перегнутий коліном і біля основи скручений остюк, який щільно охоплює плід (зернівку) до її дозрівання. Рід *Lagurus* представлений видом Лагурус (зайцехвіст) яйцеподібний (*Lagurus ovatus* L.) – однорічна трав'яниста рослина, 30–50 см заввишки. Використовують у флористичі суцвіття колосоподібні мітелки яйцеподібної форми, 3–4 см завдовжки, які складаються із одноквіткових колосків близько 1 см завдовжки, із щільно шовковисто-опушеною лускою, м'які, пухнасті колосоподібні мітелки. Рід Китник, лисохвіст *Alopecurus* – представлений 60 видами, в Україні – 6 видів. Це багато- і однорічні трав'янисті рослини, стебла тонкі, заввишки до 80–100 см. Використовують у флористичі суцвіття – густа циліндрична колосоподібна волоть; колоски стиснуті з боків, одноквіткові. Рід Мишій,

щетинник або бриця *Setaria* – об'єднує понад 130 видів. В Україні є три види: *Setaria verticillata*, *S. viridis*, *S. pumila*, також інтродуковані: *S. adhaerens*, *S. faberi*, *S. italica*. Має густе суцвіття, видовжене або циліндричне, типу колосоподібна волоть. Колоски одно- або двоквіткові, на коротких ніжках, оточені неплідними гілочками суцвіття, які виглядають як довгі, зазублені, ламкі щетинки. Використовують у флористиці листя і суцвіття. Рід Просо *Panicum* – налічується понад 400 видів. Просо прутіподібне, пістряве (*Panicum virgatum*) – багаторічна трав'яниста рослина заввишки до 2,4 м. Стебла міцні, гнучкі. Листя вузьке, лінійне, зелене, восени – кольору охри. Квітки зібрані в розкидисті мителки завдовжки 20–35 см, які часто мають рожевий або червонуватий колір під час розкриття. Використовують у флористиці суцвіття. Рід Стоколос, бромус, стоколоса *Bromus* L. – об'єднує 169 видів, в Україні поширено до 20 видів: *Bromus inermis* Leyss., *Bromus arvensis* L., *Bromus secalinus* L., *Bromus hordeaceus*. Використовують у флористиці суцвіття. Рід Тонконіг *Poa* – налічує понад 500 видів, в Україні розповсюджені понад 20 видів, з яких найбільше значення мають *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Poa palustris*. Використовують у флористиці суцвіття.

Із кожним роком асортимент декоративних злакових рослин для композиційних рішень у флористиці збільшується. Тому, проаналізувавши асортимент декоративних злакових рослин, які використовують в ландшафтному дизайні та вирощують в розсадниках декоративних рослин, дійшли висновку, що перспективними є 47 видів із родини *Poaceae* Barnh.

Рослинний матеріал із декоративних злакових рослин для флористики може бути використаний як:

- Формувальний матеріал або лінійний рослинний матеріал такими видами та культиварами: *Calamagrostis ocutiflora*, *C. brachytricha*, *C. arundinacea* культивари (сорти): 'Aureovariegata', 'Variegata', 'Dwarfeys Garters', 'Mervyn Feesey', 'Picta', 'Luteo Picta', 'Streamlined', *Cortaderia selloana* 'Albolineata' 'Silver Stripe', 'Aureolineata', 'Gold Band', 'Violacea', 'Elegans' ('Argentea'), 'Silver Cornet', 'White Feather', 'Monstrosa', 'Pumila', 'Rosea', 'Gold Bend', 'Splendid Star', *Miscanthus sinensis* 'Gracillimus', 'Zebrimus' ('Strictus'), 'Morning Light', 'Cabaret', 'Goldfeder', 'Graziella', 'Purpurascens', 'Flamingo', *M. sacchariflorus* 'Aureuc', 'Robustus', *Pennisetum villosum*, *P. alopecuroides* 'Hameln', *P. glaucum* 'African Purple', 'Jester',

'Jade Princess', 'Purple Baron', 'Purple Majesty', *P. orientale*, *P. setaceum*, *Melica altissima* L., *M. transsilvanica* Shur., *Panicum virgatum* 'Blue Tower', 'Heavy Metal', 'Hanse Herms', 'Cloud Nine', *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* 'Variegatum', *A. elatius*, *Hordeum jubatum*.

- Домінанта або фокусувальний матеріал такими видами та культиварами: *Helictorichon sempervirens* 'Pendula', 'Robust', *Calamagrostis ocutiflora*, *C. brachytricha*, *C. arundinacea* культивари (сорти): 'Aureovariegata', 'Variegata', 'Dwarfeys Garters', 'Mervyn Feesey', 'Picta', 'Luteo Picta', 'Streamlined', *Stipa capillata*, *S. longifolia*, *S. pulsherrima*, *S. joannis*, *Elymus giganteus*, *E. canadensis*, *E. arenariaua*, *Cortaderia selloana* 'Albolineata', 'Silver Stripe', 'Aureolineata', 'Gold Band', 'Violacea', 'Elegans' ('Argentea'), 'Silver Cornet', 'White Feather', 'Monstrosa', 'Pumila', 'Rosea', 'Gold Bend', 'Splendid Star', *Alopecurus alpinus*, *A. pratensis*, *Liatris spicata*, *Glyceria maxima*, *Miscanthus sinensis* 'Gracillimus', 'Zebrimus' ('Strictus'), 'Morning Light', 'Cabaret', 'Goldfeder', 'Graziella', 'Purpurascens', 'Flamingo', *M. sacchariflorus* 'Aureuc', 'Robustus', *Molinia coerulea*, *M. arundinacea*, *Pennisetum villosum*, *P. alopecuroides* 'Hameln', *P. glaucum* 'African Purple', 'Jester', 'Jade Princess', 'Purple Baron', 'Purple Majesty', *P. orientale*, *P. setaceum*, *Melica altissima* L., *M. transsilvanica* Shur., *Panicum virgatum* 'Blue Tower', 'Heavy Metal', 'Hanse Herms', 'Cloud Nine', *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* 'Variegatum', *A. elatius*, *Hordeum jubatum*.

- Рослинний матеріал-наповнювач або додатковий матеріал такими видами та культиварами: *Holcus mollis* 'Albo-variegates', *Helictorichon sempervirens* сорти 'Pendula', 'Robust', *Dactylis glomerata*, *Kaeleria glauca*, *Stipa capillata*, *S. longifolia*, *S. pulsherrima*, *S. joannis*, *Festuca amethystine* 'Superba', 'Klose', 'Bronze Glanz', *F. valesiaca*, *F. ovina*, *F. cinerea* 'Azurit', 'Daeumling' ('Tom Thumb'), 'Blick Silver Silberreier' ('Silver Heron'), 'Blauglut Caesia', 'Harz', 'Meerblau' ('Sea Blue'), 'Frunhlingablau', *F. tenuifolia*, *Lagurus ovatus* L., *Lamarckia aurea*, *Alopecurus alpinus*, *A. pratensis*, *Melica altissima* L., *M. transsilvanica* Shur., *Panicum virgatum* 'Blue Tower', 'Heavy Metal', 'Hanse Herms', 'Cloud Nine', *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* 'Variegatum', *A. elatius*, *Sesleria albicans*, *S. caerulea*, *S. nitida*, *S. heuffleriana*, *Spartina pectinata*, *Briza media*, *Deschampsia caespitosa* 'Branzschleier' ('Bronze Veil'), 'Goldgehonge' ('Golden Shower'), 'Goldstaub' ('Golden Dust'), 'Landywood Gold', 'Targiflora', *Deschampsia flexuosa* 'Aurea' (sin. 'Tarta Gold'), 'Muckenschwarm' ('Flyrwarm').

Таблиця 1 – Таксономічна оцінка рослин які використовують у флористиці

Порядок	Родина	К-сть видів
<i>Asterales</i>	<i>Asteraceae</i> Bercht. & J.Presl	42
	<i>Campanulaceae</i> Juss.	1
<i>Lamiales</i>	<i>Acanthaceae</i> Juss.	1
	<i>Bignoniaceae</i> Juss.	1
	<i>Lamiaceae</i>	9
	<i>Oleaceae</i> Hoffmanns. & Link	1
	<i>Plantaginaceae</i>	2
<i>Saxifragales</i>	<i>Altingiaceae</i>	1
	<i>Saxifragaceae</i> Juss.	1
	<i>Paeoniaceae</i> Raf.	1
	<i>Crassulaceae</i>	1
<i>Caryophyllales</i>	<i>Amaranthaceae</i> Juss.	3
	<i>Caryophyllaceae</i> Juss. 1789	2
	<i>Polygonaceae</i> Juss., 1789	1
	<i>Limoniaceae</i>	2
<i>Ranunculales</i>	<i>Berberidaceae</i> Juss.	2
	<i>Ranunculaceae</i> Juss.	1
	<i>Papaveraceae</i> Juss., 1789	2
<i>Fagales</i>	<i>Betulaceae</i> Gray	3
<i>Fabales</i>	<i>Fabaceae</i> Lindl.	6
<i>Boraginales</i>	<i>Boraginaceae</i> Juss., 1789	1
<i>Malpighiales</i>	<i>Salicaceae</i> Mirb.	1
	<i>Linaceae</i> DC. ex Perleb, 1818	1
	<i>Violaceae</i> Batsch (1802)	1
Жимолостеві	<i>Dipsacoideae</i> Eaton (1836)	2
<i>Cucurbitales</i>	<i>Cucurbitaceae</i> Juss., 1789	1
<i>Geraniales</i>	<i>Geraniaceae</i> Juss., 1789	1
<i>Cornales</i>	<i>Hydrangeaceae</i>	1
<i>Apiales</i>	<i>Apiaceae</i> Lindl.	5
<i>Brassicales</i>	<i>Brassicaceae</i> Burnett	7
	<i>Resedaceae</i> Martinov	1
<i>Cornales</i>	<i>Cornaceae</i> Bercht. & J.Presl 1825	1
<i>Myrtales</i>	<i>Onagraceae</i>	1
	<i>Myrtaceae</i> Juss.	1
<i>Sapindales</i>	<i>Rutaceae</i> Juss., 1789	1
	<i>Sapindaceae</i> Juss., 1789	2
	<i>Anacardiaceae</i>	1
<i>Rosales</i>	<i>Cannabaceae</i> Martinov, 1820	1
	<i>Rosaceae</i>	8
<i>Malvales</i>	<i>Tiliaceae</i>	1
<i>Nymphaeales</i>	<i>Nymphaeaceae</i> Salisb. 1805	3
<i>Solanales</i>	<i>Solanaceae</i> Juss.	5
<i>Proteales</i>	<i>Platanaceae</i> T. Lestib.	1
	<i>Proteaceae</i> Juss.	1
<i>Ericales</i>	<i>Ericaceae</i> Juss.	2
	<i>Polemoniaceae</i> Juss., 1789	1
<i>Poales</i> Small.	<i>Poaceae</i> Barnh.	26
25	48	161

Висновок. На сьогодні для сучасної флористики використовують широкий асортимент декоративно-листяних рослин, злаків, дерев і чагарників разом з квітучими рослинами у композиційних рішеннях. У результаті моніторингу флористичних студій, квіткових крамниць встановили, що для флористики використовують 161 вид із 48 родин 25 порядків, за кількістю видів домінування мають порядки *Asterales* і *Poales* Small. та родини *Asteraceae* Bercht. & J.Presl і *Poaceae* Barnh. Під час вивчення видового різноманіття родини *Poaceae* Barnh. відмітили, що для формування композицій найчастіше використовують суцвіття декоративних та дикорослих злакових рослин з родів *Aira*, *Arundo*, *Bouteloua*, *Coix*, *Dactylis*, *Stipa*, *Lagurus*, *Alopecurus*, *Setaria*, *Panicum*, *Bromus* L., *Poa*. Виділили 47 видів із родини *Poaceae* Barnh., які є перспективними для флористики, з них може бути використаний як формувальний матеріал або лінійний рослинний матеріал – 17 видів та 41 культивар; як домінанта або фокусувальний матеріал – 30 видів та 41 культивар; як рослинний матеріал-наповнювач або додатковий матеріал – 29 видів та 25 культиварів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Гнатюк Л.Р., Шепелюк Х.С. Використання фітодизайну в інтер'єрі офісного простору. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Київ, 2019. Вип. 17. С. 31–39.
- Кузнецова І.О., Степанюк Т.О. Вплив основних художніх засобів композиції на використання фітодизайну в інтер'єрі. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.18. С. 316–321.
- Форми букетів у флористичі. URL: <https://www.annetflowers.com.ua/ua/news/kakie-byvayut-formy-ividy-cvetochnyh-buketov>].
- Проценко Д., Мироненко В., Губанов О. Тенденції розвитку використання озеленення в інтер'єрі громадських будівель. Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного дизайну». Київ: КНУТД, 2023. Т. 2. С. 229–233.
- Пузиренко Я. Ікебана – ніжна і витончена простота. Київ: Кондор, 2015.
- Олійник О.П., Гнатюк Л.Р., Чернявський В.Г. Основи дизайну інтер'єру: навч. посіб. Київ: НАУ, 2011. 228 с.
- Сніжко В.В., Харитонova І.П. Розвиток ідей А.М. Гродзінського про фітодизайн. Інтродукція та акліматизація рослин на Україні. 2006. № 4. С. 35–39.
- Туманов І.М. Озеленення інтер'єру: методика наукового підходу. Науковий вісник. 2006. Вип. 16.4. С. 251–256.
- Фітодизайн. URL: <https://design-landscape.com.ua/uk/fitodyzajn/>
- Довідник сучасного ландшафтного дизайнера / В.М. Прокопчук та ін. Вінниця: ВНАУ, 2016.
- Єпіхіна М.А. Ландшафтний дизайн та озеленення приміщень: навч.-метод. посіб. для студ. спец. «Початкова освіта» освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр». Старобільськ: Видво «Промінь», 2019. 179 с.
- Сорокіна С.В. Товарознавство квітів: підручник. Харків: ХДУХТ, 2016. 372 с.
- Букет – вид композиції. URL: <https://vsosvita.ua/library/tema-buket-vid-kompozicii-formuvanna-buketivosnovni-linii-aranzuvanna-skladanna-buketiv-iz-stucnih-kvitiv-33493.html>.
- Ковалевський С. Б., Соловей Д. С. Історія і досвід використання злакових рослин в Україні та за кордоном. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Лісівництво та декоративне садівництво. Київ, 2014. Вип. 198. Ч. 3. С. 185–192.
- Бутенко В.О., Козачук І.Ю. Можливості використання рослин роду костриця (*Festuca*) в озелененні. Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку: збірник наукових праць VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Ломжа–Малин: MANS, 2024. С. 86–90.
- Бойко Т.О., Котовська Ю.С. Використання багаторічних злакових культур в озелененні міста Херсон. Аграрні інновації. 2023. № 17. 7–12.
- Таран Н.Ю., Горупаха В.Г., Косик О.І., Батцманова Л.М. Злакові трави родів *Miscanthus* та *Pennisetum* у ландшафтному дизайні міських просторів. Теорія та практика дизайну. Садово-паркове господарство. Київ: НАУ, 2024. Вип. 2(32). С. 227–236. DOI: 10.32782/2415-8151.2024.32.27.
- Бутенко В.О. Злакові декоративні рослини у формуванні простору реабілітаційних садів. Інновації у садово-парковому господарстві України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. Біла Церква: БНАУ, 2024. С. 6–8.
- Пузиренко Я.В. Декоративна флористика: навчальний посібник. Київ: ТОВ «Кондор-Видавництво», 2013. 231 с.
- Електронна Бібліотека з квітництва. URL: <http://flowerlib.ru/books.shtml>
- Злаки в дизайні саду /New-Flowers/. Все про квіти. URL: <http://www.ontario-knives.ru/zlaki-v-dizainesada.html>.
- Ідеї декору. Декоративні трави та злаки: назви та ідеї використання в ландшафтному дизайні. URL: <https://idei-dekoru.com/2018/03/04/>.
- Вишньова О.С., Зелінський Б.В. Декоративні злакові рослини для фітодизайну. Інновації у садово-парковому господарстві України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. Біла Церква: БНАУ, 2023. С. 16–18.
- Дячук П.В., Перфільєва М.В., Перфільєва Л.П. Флористика: навч. посіб. Умань, 2013. 182 с.
- Ботаніка. Практикум: навчальний посібник / І.М. Григора та ін. Київ: Арістей, 2008. 340 с.

26. Пересипкіна Т.М. Анатомія рослин: теорія, практикум, тести: навч. посіб. Київ: Освіта України, 2011. 236 с.

27. Бєлова В.А. Основи флористики: навч. посіб. Котовськ, 2010. 59 с.

28. Пузыренко Я.В. Декоративна флористика: навч. посіб. Київ: Кондор-Видавництво, 2013. 232 с.

29. Calvert Crary Flower School. A Practical Guide to the Art of Flower Arranging. Running Press, 2020. 224 p.

30. Бєлова В.А. Основи флористики. URL: <https://naurok.com.ua/navchalniy-posibnik-dlyapozashkilnih-navchalniy-posibnik-dlyapozashkilnih-navchalno-vihovnihzakladiv-osnovi-floristiki-31296.html>

31. Дячук П.В. Флористика. URL: <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u166/florustuka.pdf>.

REFERENCES

1. Hnatiuk, L.R., Shepeliuk, Kh.S. (2019). Vykorystannia fitodyzainu v interieri ofisnoho prostoru [The use of phytodesign in the interior of office space]. *Teoriia ta praktyka dyzainu: zb. nauk. prats [Theory and practice of design: collection of scientific works]*. Kyiv, Issue 17, pp. 31–39.

2. Kuznetsova, I.O., Stepaniuk, T.O. (2013). Vplyv osnovnykh khudozhnykh zasobiv kompozytsii na vykorystannia fitodyzainu v interieri [The influence of the main artistic means of composition on the use of phytodesign in the interior]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine]*. Issue 23.18, pp. 316–321.

3. Formy buketiv u florystytsii [Forms of bouquets in floristr]. Available at: <https://www.annet-flowers.com.ua/ua/news/kakie-byvayut-formy-ividy-cvetochnykh-buketov>.

4. Protsenko, D., Myronenko, V., Hubanov, O. (2023). Tendentsii rozvytku vykorystannia ozelenennia v interieri hromadskykh budivel [Trends in the development of the use of greenery in the interior of public buildings.]. *Zbirnyk materialiv V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Aktualni problemy suchasnoho dyzainu» [Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of Modern Design"]*. Kyiv, KNUTD, Vol. 2, pp. 229–233.

5. Puzyrenko, Ya. (2015). Ikebana – nizhna i vytonchena prostota [Ikebana – gentle and elegant simplicity]. Kyiv, Kondor.

6. Oliinyk, O.P. Hnatiuk, L.R., Cherniavskiy, V.H. (2011). Osnovy dyzainu interieru: navch. posib. [Undamentals of interior design]. Kyiv, NAU, 228 p.

7. Snizhko, V.V., Kharytonova, I.P. (2006). Rozvytok idei A.M. Hrodzinskoho pro fitodyzain [Development of ideas of A.M. Grodzinsky about phytodesign]. *Introduktsiia ta aklimatyzatsiia roslyn na Ukraini [Introduction and acclimatization of plants in Ukraine]*. no. 4, pp. 35–39.

8. Tumanov, I.M. (2006). Ozelenennia interieru: metodyka naukovooho pidkhodu. *Naukovyi visnyk [Greening the interior: methods of a scientific approach. Scientific Bulletin]*. Issue 16.4, pp. 251–256.

9. Fitodyzain [Phytodesign]. Available at: <https://design-landscape.com.ua/uk/fitodyzajn/>

10. Prokopchuk, V.M., Tsyhanskyi, V.I., Monarkh, V.V. (2016). Dovidnyk suchasnoho landshaftnoho dyzainera [Handbook of a modern landscape designer]. Vinnytsia, VNAU.

11. Yepikhina, M.A. (2019). Landshaftnyi dyzain ta ozelenennia prymishchen: navch.- metod. posib. dlia stud. spets. «Pochatkova osvita» osvithokvalifikatsiinyi riven «bakalavr» [Landscape design and greening of premises: teaching-methodical. manual for students of the specialty "Primary education" educational qualification level "bachelor"]. Starobilsk, Publishing house «Promin», 179 p.

12. Sorokina, S.V. (2016). Tovaroznavstvo kvitiv: pidruchnyk [Commodity science of flowers]. Kharkiv, KhDUKhT, 372 p.

13. Buket – vyd kompozytsii [Bouquet – a type of composition]. Available at: <https://vseosvita.ua/library/tema-buket-vid-kompozicii-formuvanna-buketivosnovni-linii-aranzuvanna-skladanna-buketiv-iz-stucnih-kvitiv-33493.html>.

14. Kovalevskiy, S.B., Solovei, D.S. (2014). Istoriia i dosvid vykorystannia zlakovykh roslyn v Ukraini ta za kordonom [History and experience of using cereal plants in Ukraine and abroad]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo [Scientific Bulletin of the National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine. Forestry and Ornamental Gardening]*. Kyiv, Issue 198, Part 3, pp. 185–192.

15. Butenko, V.O. Kozachuk, I.Iu. (2024). Mozhlyvosti vykorystannia roslyn rodu kostrytsia (Festuca) v ozelenenni [Possibilities of using plants of the genus Festuca in landscaping]. *Lisivnycha osvita i nauka: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku: zbirnyk naukovykh prats VI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Forestry education and science: state, problems and development prospects: collection of scientific papers of the VI International Scientific and Practical Internet Conference]*. Lomzha–Malyn, Publishing house MANS, pp. 86–90.

16. Boiko, T.O., Kotovska, Yu.S. (2023). Vykorystannia bahatorichnykh zlakovykh kultur v ozelenenni mista Kherson [The use of perennial cereal crops in landscaping the city of Kherson]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian innovations]*. no. 17, pp. 7–12.

17. Taran, N.Yu., Horupakha, V.H., Kosyk, O.I., Batsmanova, L.M. (2024). Zlakovi travy rodov Miscanthus ta Pennisetum u landshaftnomu dyzaini miskykh prostoriv [Cereal grasses of the genera Miscanthus and Pennisetum in the landscape design of urban spaces]. *Teoriia ta praktyka dyzainu. Sadovo-parkove hospodarstvo [Theory and practice of design. Horticulture]*. Kyiv, NAU, Issue 2(32), pp. 227–236. DOI: 10.32782/2415-8151.2024.32.27.

18. Butenko, V.O. (2024). Zlakovi dekoratyvni roslyny u formuvanni prostoru reabilitatsiinykh sadiv [Cereal ornamental plants in the formation of the space of rehabilitation gardens]. *Innovatsii u sadovo-parkovomu hospodarstvi Ukrainy: materialy*

Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity ta molodykh uchenykh [Innovations in horticulture of Ukraine: materials of the All-Ukrainian scientific and practical internet conference of higher education students and young scientists]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 6–8.

19. Puzyrenko, Ya.V. (2013). Dekorativna florystyka: navchalnyi posibnyk [Decorative floristry]. Kyiv, LLS «Kondor-Vydavnytstvo», 231 p.

20. Elektronna Biblioteka z kvitnykarstva [Electronic Library of Floriculture]. Available: <http://flow-erlib.ru/books.shtml>

21. Zlaky v dyzaini sadu /New-Flowers/. Vse pro kvity [Cereals in garden design /New-Flowers/. All about flowers]. Available at: <http://www.ontario-knives.ru/zlaki-v-dizainysada.html>.

22. Idei dekoru. Dekorativni travy ta zlaky: nazvy ta idei vykorystannia v landshaftnomu dyzaini [Decor ideas. Decorative herbs and cereals: names and ideas for use in landscape design]. Available at: <https://idei-dekoru.com/2018/03/04/>.

23. Vyshnova, O.S., Zelinskyi, B.V. (2023). Dekorativni zlakovi roslyny dlia fitodyzainu [Decorative cereal plants for phytodesign]. Innovatsii u sadovo-parkovomu hospodarstvi Ukrainy: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity ta molodykh uchenykh [Innovations in horticulture and park management in Ukraine: materials of the All-Ukrainian scientific and practical Internet conference of higher education students and young scientists]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 16–18.

24. Djachuk, P.V., Perfilieva, M.V., Perfilieva, L.P. (2013). Florystyka: navchalnyi posibnyk [Floristics]. Uman, 182 p.

25. Hryhora, I.M. (2008). Botanika. Praktikum: navch. posib. [Botany. Practical course]. Kyiv, Aristei, 340 p.

26. Peresyphkina, T.M. (2011). Anatomiiia roslyn: teoriia, praktikum, testy: navch. posib. [Plant anatomy: theory, practical course, tests]. Kyiv, Education of Ukraine, 236 p.

27. Bielova, V.A. (2010). Osnovy florystyky: navch. posib. [Fundamentals of Floristry]. Kotovsk, 59 p.

28. Puzyrenko, Ya.V. (2013). Dekorativna florystyka: navch. posib. [Decorative Floristry]. Kyiv, Publishing House Kondor, 232 p.

29. Calvert Crary Flower School. A Practical Guide to the Art of Flower Arranging. Running Press, 2020, 224 p.

30. Bielova, V.A. Osnovy florystyky [Fundamentals of Floristry]. Available at: <https://naurok.com.ua/navchalnyi-posibnik-dlyapozashkilnih>

31. Djachuk, P.V. Florystyka [Floristics]. Available at: <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u166/florustuka.pdf>.

Use analysis of ornamental cereal plants in modern floristry for compositional solutions

Marchenko A., Zhytnyk I.

Phytodesign is aimed at uniting the plant and object worlds. It pursues the line of humanization of the artificial environment, and also helps to develop a thoughtful, scientifically based design solution for introducing plants into interiors. The purpose of the article was to study species composition of ornamental cereal plants used in floristry and to establish promising ones for compositional solutions. Assortment study of ornamental cereals used in modern floristry was carried out using theoretical and methodological approaches in phytodesign. As a result of literature analysis, floristic and phytodesign studies, it was established that the range of plants used for floristry is represented by 161 species from 48 families of 25 orders. The orders Asterales and Poales Small and the families Asteraceae Bercht. & J. Presl and Poaceae Barnh dominate in terms of the number of species. For compositions formation inflorescences of ornamental and wild cereal plants from the genera Aīra, Arundo, Bouteloua, Coix, Dactylis, Stipa, Lagurus, Alopecurus, Setaria, Panicum, Bromus L., Poa are most often used. Every year the range of ornamental cereal plants for compositional solutions in floristry increases. Therefore, having analyzed the range of ornamental cereal plants used in landscape design and grown in ornamental plant nurseries, we came to the conclusion that 47 species from the family Poaceae Barnh are promising. Of these, 17 species and 41 cultivars can be used as forming material or linear plant material; 30 species and 41 cultivars as dominant or focusing material; 29 species and 25 cultivars as filler plant material or additional material.

Key words: phytodesign, compositions, ornamental cereals, species, cultivars.



Copyright: Марченко А.Б., Житник І.С. © 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:

Марченко А.Б.

Житник І.С.

<https://orcid.org/0000-0002-1753-7782>

<https://orcid.org/0009-0001-9027-4894>



САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 631.535:634.18:631.811.98

**Аналіз використання контейнерного озеленення
в міському середовищі на прикладі Білої Церкви**Олешко О.Г. , Ващук Ю.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Ващук Ю.В. E-mail: yuliana-st@ukr.net



Олешко О.Г., Ващук Ю.В. Аналіз використання контейнерного озеленення в міському середовищі на прикладі Білої Церкви. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 303–313.

Oleshko O., Vashchuk Y. Analysis of container landscaping using in the urban environment on the example of Bila Tserkva. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 303–313.

Рукопис отримано: 27.03.2025 р.

Прийнято: 11.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-303-313

Розглянуто переваги контейнерного озеленення для збільшення зеленої інфраструктури сучасних міст та покращення екологічного стану урбанізованих територій. У сучасних містах цей спосіб є альтернативою традиційному озелененню у місцях з щільною забудовою і суцільним твердим покриттям для оформлення парклетів, вузьких вулиць, майданчиків, відкритих кафе, балконів, терас, дахів. У системі зеленої інфраструктури сучасних міст визнано цінність контейнерних садів, які виконують ряд екосистемних послуг: використання зливових вод, покращення якості повітря та температурного режиму, підтримання біорізноманіття, естетичне покращення територій, сприяння зв'язку з природою та емоційному добробуту.

Наведено результати аналізу стану контейнерного озеленення м. Біла Церква, визначено таксономічний склад рослин, що вирощують у контейнерах. Встановлено, що у контейнерній культурі нараховується 51 вид рослин, які належать до 33 родів та 26 родин. Найбільшою кількістю таксонів представлені родини *Cupressaceae*, *Crassulaceae*, *Poaceae*, *Rosaceae*. Серед дослідженого асортименту 14 видів хвойних рослин, 12 видів листяних дерев та 21 вид трав'янистих рослин і 4 види ліан. Масово в контейнерах переважають декоративні форми з родів *Thuja*, *Juniperus*, *Taxus*, які мають тривалий період декоративності, а також багаторічні трав'янисті рослини родів *Lavandula*, *Pelargonium*, *Hosta*, *Hemerocallis*, *Chrysanthemum*, *Festuca*, *Sedum*.

Найбільш поширеним матеріалом контейнерів для оздоблення просторів в місті є бетон і пластик, також виявлено контейнери з кераміки, дерева, металу. У дизайні міського середовища наявні наступні композиційні прийоми контейнерного озеленення – сад на даху, живопліт у контейнері, контейнери вишуканої форми з квітами, рядове розміщення контейнерних рослин вздовж вулиці, вертикальне озеленення з витких рослин в контейнерах, змішані біогрупи з трав'янистих багаторічників та деревних рослин. Запропоновано розширити асортимент рослин для контейнерного озеленення міста з урахуванням ґрунтово-кліматичної зони багаторічними видами, які мають відповідні екологічні особливості та тривалий період декоративності, а також можуть гармонійно виглядати у різних композиціях – хвойні і листяні кущі, трав'янисті багаторічники.

Ключові слова: контейнерне озеленення, міські простори, асортимент контейнерних рослин, урбоекосистеми, альтернативне озеленення.

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій. За нинішніх умов масової урбанізації та глобальної зміни клімату міські простори та рівень їх озеленення відіграють ключову роль, оскільки вони суттєво впливають на якість життя в містах, а також на їх екологічні умови. Рослини формують особливий мікроклімат урбаністичних систем, беруть участь в організації простору, створюючи індивідуальну і неповторну атмосферу міста [1, 2]. Нині у містах існує проблема озеленення територій з щільною забудовою, де дуже мало залишається місця для ґрунтової посадки дерев, кущів та квітникових рослин [3]. Постійне збільшення штучних поверхонь у містах є однією з основних причин скорочення зелених насаджень, погіршення навколишнього середовища та втрати міського біорізноманіття. У цьому контексті розглядають способи вирішення проблем, пов'язаних з урбанізацією та відповідними наслідками зміни клімату [4–9]. Дизайн міських просторів із ефективним використанням міських поверхонь для озеленення може відігравати ключову роль у зменшенні негативного впливу на ґрубоєкосистеми [10–11].

Контейнерне озеленення часто пропагується як альтернативне вирішення проблеми нестачі місця для традиційного озеленення, яке дозволяє створювати зелені насадження в місцях щільної забудови, на майданчиках, вулицях, набережних, прикрашати зони у парках і скверах [12]. Контейнерна культура добре зарекомендувала себе в оформленні вуличних ландшафтів, є естетичним, екологічним і доволі економічно вигідним способом озеленення [13]. У системі зеленої інфраструктури сучасних міст визнано цінність контейнерних садів, які на думку вчених виконують ряд екосистемних послуг: використання зливових вод, покращення якості повітря та температурного режиму, підтримання біорізноманіття рослин і створення місць існування тварин, естетичне покращення міст, освітні та терапевтичні інструменти, які сприяють зв'язку з природою та емоційному добробуту, повторне використання матеріалів [14].

У сучасних містах контейнерне озеленення – це вдале рішення для оформлення вуличних веранд, відкритих кафе. Все частіше використовують дерева у великих ємностях, якими ефективно прикрашають алеї, бульвари та площі. Незамінним контейнерне озеленення є для відкритих майданчиків зі штучним покриттям, балконів, терас, дахів [15]. Одним із аспектів актуальності контейнерного озеленення є його мобільність, контейнери з рос-

линами легко пересуваються для формування нових композицій з рослин і зміни візуальної картини простору. Також до переваг контейнерного озеленення відносять: різноманітний вибір сучасних контейнерів для рослин за розмірами, формами і матеріалами; широкий асортимент рослин для контейнерної культури, який може включати і теплолюбні види за умов їх перенесення у приміщення на зимовий період; доступність швидкої заміни рослин за умов втрати декоративності; бюджетність такого способу озеленення [16, 17].

З розвитком контейнерного озеленення набули популярності парклети – громадські місця короткочасного відпочинку, створені за допомогою перепрофілювання паркувальних місць, частин вулиць, які естетично покращують вуличні пейзажі, забезпечуючи економічне рішення потреби у збільшенні громадського відкритого простору [18–20].

Нові ініціативи пропонують використовувати контейнери для розміщення громадських городів і садів. Контейнерні технології дозволяють вирощувати на дахах і на поверхні землі ягідні культури, листові овочі, трави та навіть деякі сорти фруктів, сприяючи покращенню продовольчої безпеки в міському середовищі [21, 22].

Незважаючи на популярність контейнерних рослин як компоненту зеленої інфраструктури міст, у науковій літературі недостатньо інформації стосовно підбору асортименту рослин для контейнерної культури залежно від ґрунтово-кліматичної зони і стану ґрубоєкосистем. Маловивченими є принципи створення композицій з контейнерних рослин з урахуванням масштабів та функціонального призначення просторів, стилів будівель, споруд, щоб ці елементи гармонійно вписувались у наявні об'єкти озеленення. Отже, вивчення контейнерного озеленення в міському середовищі м. Біла Церква є актуальним.

Метою роботи є дослідження стану контейнерного озеленення м. Біла Церква, встановити асортимент контейнерних рослин, що вирощують у міському середовищі, запропонувати види, перспективні для застосування у контейнерному озелененні міста.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження контейнерного озеленення м. Біла Церква проводили впродовж 2023–2024 рр. Маршрутним методом здійснено обстеження вуличних та паркових насаджень міста, встановлено наявність контейнерного озеленення та визначено видовий склад рослин. Видовий склад встановлювали за науковими публікаціями і довідковою літературою [23–27].

Результати досліджень та обговорення.

Проведені дослідження дозволили виявити, що останніми роками контейнерне озеленення стало популярним у Білій Церкві, найчастіше застосовують для озеленення алей, кафе, ресторанів, дахів, зупинок та інших міських територій, озеленені контейнери мають привабливий дизайн, доповнюють міський ландшафт та створюють рекреаційну привабливість міста. Під час дослідження виявлено використання контейнерного озеленення в територіях загального, спеціального та обмеженого користування міста. Дерев та декоративні кущі в контейнерах частіше зустрічаються в центральній частині міста в

оформленні доріг, кафе, дахів, біля входів у магазини, літніх майданчиків кафе – по вул. Шолом-Алейхема, вул. О. Курбаса, Я. Мудрого, Т. Шевченка, рідше зустрічається на бульварі Олександрійський, мікрорайони Тарашанський, вулиці Вокзальний. На житлових масивах Незалежності, мікрорайони Піщаний цей прийом озеленення не зустрічається.

Згідно з проведеним дослідженням встановлено, що асортимент рослин, які вирощують у контейнерах складається з хвойних дерев та кущів, листяних дерев і кущів, ліан та трав'янистих рослин. У контейнерній культурі Білої Церкви визначено 51 вид рослин, які належать до 33 родів та 26 родин (табл. 1–4).

Таблиця 1 – Таксономічний аналіз хвойних рослин у контейнерному озелененні м. Біла Церква (2023–2024 рр.)

Родина	Рід	Вид, форма
<i>Cupressaceae</i> Gray	<i>Thuja</i> L.	<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Globosa'
		<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Smaragd'
		<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Mikym'
		<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Brabant'
		<i>Thuja occidentalis</i> L. 'Golden Smaragd'
	<i>Juniperus</i> L.	<i>Juniperus</i> × <i>media</i> V.D. Dmitriev 'Mint Julep'
		<i>Juniperus virginiana</i> L.
		<i>Juniperus horizontalis</i> L. 'Glaucua'
		<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg. 'BlueArrow'
		<i>Juniperus chinensis</i> L. 'Stricta'
<i>Pinaceae</i> Lindl.	<i>Pinus</i> L.	<i>Pinus mugo</i> Turra 'Varella'
		<i>Pinus nigra</i> L.
<i>Taxaceae</i> Gray	<i>Taxus</i> L.	<i>Taxus cuspidata</i> Sieb
		<i>Taxus baccata</i> L.

Таблиця 2 – Таксономічний аналіз листяних дерев та кущів у контейнерному озелененні м. Біла Церква (2023–2024 рр.)

Родина	Рід	Вид, форма
<i>Viburnaceae</i> Raf.	<i>Viburnum</i> L.	<i>Viburnum opulus</i> L.
<i>Berberidaceae</i> Juss.	<i>Berberis</i> L.	<i>Berberis thunbergii</i> DC. 'Atropurpurea Nana'
		<i>Berberis thunbergii</i> DC. 'Green Carpet'
<i>Bignoniaceae</i> Juss.	<i>Catalpa</i> Scop.	<i>Catalpa bignonioides</i> Walter 'Nana'
<i>Hydrangeaceae</i> Dumort.	<i>Hydrangea</i> L.	<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold
<i>Cornaceae</i> Bercht. & J.Presl	<i>Cornus</i> L.	<i>Cornus alba</i> L. 'Elegantissima'
<i>Oleaceae</i> Hoffmanns. & Link	<i>Elaeagnus</i> L.	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.
<i>Rosaceae</i> Juss	<i>Rosa</i> L.	<i>Rosa</i> x <i>hybrida</i>
	<i>Physocarpus</i> (Cambess.) Maxim.	<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. 'Diabolo'
	<i>Spiraea</i> L.	<i>Spiraea japonica</i> L.f. 'Gold flame'
	<i>Prunus</i> L.	<i>Prunus avium</i> L.
<i>Buxaceae</i> Dumort.	<i>Buxus</i> L.	<i>Buxus sempervirens</i> L.

Таблиця 3 – Таксономічний аналіз трав'янистих рослин у контейнерному озелененні м. Біла Церква (2023–2024 рр.)

Родина	Рід	Вид, форма
<i>Agavaceae</i> Dumort.	<i>Yucca</i> L.c	<i>Yucca filamentosa</i> L.
<i>Asteraceae</i> L.	<i>Chrysanthemum</i> L.	<i>Chrysanthemum coreanum</i> (H.Lév. & Vaniot) Nakai
<i>Lamiaceae</i> L.	<i>Lavandula</i> L.	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill
<i>Geraniaceae</i> Juss.	<i>Pelargonium</i> L'Hér. ex Ait.	<i>Pelargonium peltatum</i> (L.) L'Hér. ex Ait.
		<i>Pelargonium zonale</i> (L.) L'Hér. ex Ait.
<i>Cyperaceae</i> L.	<i>Carex</i> L.	<i>Carex flacca</i> 'Blue Zinger'
<i>Poaceae</i> L.	<i>Festuca</i> L.	<i>Festuca glauca</i> Vill.
	<i>Imperata</i> Cirillo	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch. 'Red Baron'
	<i>Miscanthus</i> Andersson	<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson
		<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson 'Adagio'
	<i>Deschampsia</i> P.Beauv.	<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P.Beauv.
<i>Primulaceae</i> L.	<i>Lysimachia</i> L.	<i>Lysimachia thyrsiflora</i> L. 'Sunburst'
<i>Crassulaceae</i> J.St.-Hil.	<i>Sedum</i> L.	<i>Sedum ewersii</i> Ledeb.
		<i>Sedum allantoides</i> Rose
		<i>Sedum craigii</i> R.T.Clausen
		<i>Sedum maximum</i> (L.) Suter
<i>Asparagaceae</i> Juss.	<i>Hosta</i> Tratt.	<i>Hosta plantaginea</i> (Lam.) Asch.
		<i>Hosta hybrida</i> 'Variegata'
<i>Xanthorrhoea</i> Sm.	<i>Hemerocallis</i> L.	<i>Hemerocallis hybrida</i>
<i>Convolvulaceae</i> Juss.	<i>Dichondra</i> J.R.Forst. & G.Forst.	<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
<i>Solanaceae</i> Juss.	<i>Petunia</i> Juss.	<i>Petunia</i> × <i>hybrida</i> hort. ex E. Vilm.

Таблиця 4 – Таксономічний аналіз ліан у контейнерному озелененні м. Біла Церква (2023–2024 рр.)

Родина	Рід	Вид, форма
<i>Vitaceae</i>	<i>Parthenocissus</i>	<i>Parthenocissus quinquefolia</i>
		<i>Parthenocissus tricuspidata</i> 'Veitchii'
<i>Apocynaceae</i>	<i>Vinca</i>	<i>Vinca major</i> 'Variegata'
<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Lonicera</i>	<i>Lonicera caprifolium</i>

Найбільш численними є представники родин *Cupressaceae* (10 таксонів), *Crassulaceae* (5 таксонів), *Poaceae* (5 таксонів), *Rosaceae* (4 таксони). Інші родини представлені одним-двома таксонами. Хвойних дерев та кущів нараховано 14 видів, листяних дерев та кущів – 12 видів, трав'янистих рослин – 21 вид і 4 види ліан.

Масово в контейнерах переважають декоративні форми з родів *Thuja*, *Juniperus*, *Taxus*, які мають тривалий період декоративності (рис. 1).

Часто у контейнерах вирощують листяні кущі *Buxus sempervirens*, *Spiraea japonica*, *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea Nana', *Hydrangea paniculata* тощо.

Із штамбових рослин виявлено плакучі або кулясті декоративні форми *Pinus mugo*, *Thuja occidentalis*, *Juniperus chinensis* 'Stricta', *Prunus avium* (рис. 2).

У контейнерах також вирощують ліани (*Parthenocissus quinquefolia*, *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii', *Vinca major* 'Variegata', *Lonicera caprifolium*) для вертикального озеленення стін, зупинок тощо.

Вирощування в контейнерах стабільно-декоративних, невибагливих до екологічних умов багаторічних трав'янистих рослин забезпечує більш тривалий декоративний ефект [28]. У місті в контейнери висаджують багаторічники – *Lavandula angustifolia*, *Pelargonium peltatum*, *Hosta lancifolia*, *Hosta hybrida*, *Hemerocallis hybrida*, *Chrysanthemum* × *koreanum* та ін.



Рис. 1. *Thuja occidentalis* 'Smaragd' у контейнерній культурі
(по вул. О. Курбаса та вул. Таращанська).

Джерело: фото авторів.

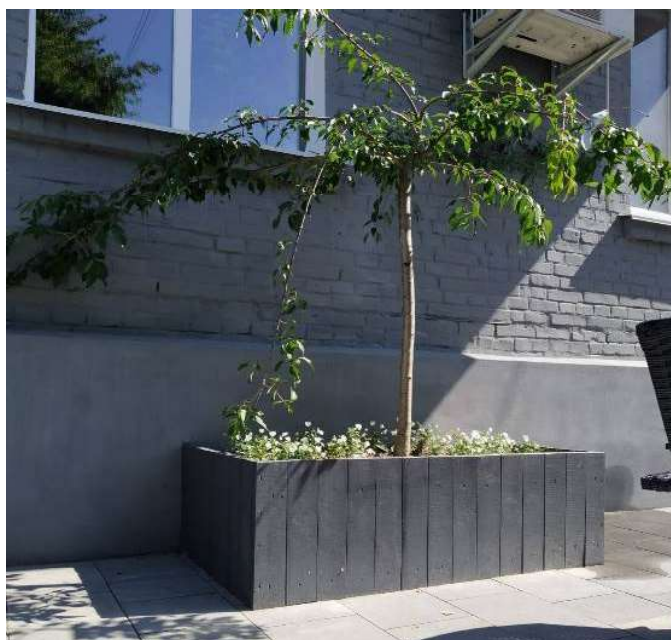


Рис. 2. Вирощування у контейнері *Prunus avium* на штамбі
(вул. О. Курбаса).

Джерело: фото авторів.

Рослини родин *Cyperaceae* та *Poaceae* набувають популярності не лише в квітниках, а також в контейнерних композиціях. Серед цієї групи рослин можна виділити як низькорослі (*Festuca glauca*, *Carex flacca*), так і високорослі (*Imperata cylindrica* 'Red Baron', *Miscanthus sinensis*, *Deschampsia cespitosa*), їх поєднують з багаторічними трав'янистими культурами, а також з вічнозеленими та листопадними деревними рослинами, які застосовують як фон для злакових трав (рис. 3).

Важливим чинником є вибір правильних контейнерів. За попереднім аналізом, найбільш поширеним матеріалом контейнерів для оздоблення просторів в місті є бетон і пластик. Пластикові контейнери представлені в широкому діапазоні розмірів, форм та кольорів, зберігають вологість, мають невелику вагу, що полегшує їх транспортування. Їх недоліками вважається здатність руйнуватися під дією УФ-променів сонця або за низьких температур [31]. Бетонні контейнери зручні



Рис. 3. Композиції у контейнерах з декоративними злаками *Carex flacca* 'Blue Zinger', *Festuca glauca*, *Miscanthus sinensis* (вул. Шолом-Алейхема, бульвар Олександрійський).

Джерело: фото авторів.

Серед багаторічників, що культивують, можна виділити перспективну групу видів роду *Sedum* L. – *Sedum ewersii*, *Sedum allantoides*, *Sedum craigii*, *Sedum maximum*, яким притаманна специфічна будова листків, характерна для ксерофітних рослин і здатність зберігати свою декоративність в умовах інтенсивної інсоляції і дефіциту поливу. Ці сукуленти відрізняються за габітусом, будовою суцвіть, листків, їх забарвленням. Такі якості дозволяють створювати з них оригінальні контейнерні композиції, їх можна культивувати у невеликих декоративних вазах [29].

Контейнерна культура дозволяє вирощувати різноманітні декоративні рослини в переносних контейнерах навіть в умовах обмеження простору, забезпечує контрольоване середовище для рослин, яке дозволяє запобігти хворобам, що передаються через ґрунт, і управляти умовами живлення, поливу тощо [30].

в міському озелененні, оскільки з цього матеріалу можна виготовити ємності будь-якого розміру, форми і кольору. Вони є довговічними, стійкими до вологості та температурних перепадів, механічних навантажень, мають невисоку вартість, їм надають перевагу для вирощування великих рослин (дерев та кущів). Проте, бетонні конструкції мають велику вагу, особливо з ґрунтом і рослинами, тому їх встановлюють на постійне місце.

У місті також виявлено контейнери з рамиками, дерева, металу. Керамічні і дерев'яні контейнери водо- і повітрянопроникні, зустрічаються також у різних варіантах форми і кольорів. Ємності з дерева підходять для посадки крупномірів. Металеві контейнери добре вписуються в стиль сучасної забудови. Відбиваюча властивість металу створює візуально привабливий контраст. Такі контейнери виготовляють з алюмінію, міді, латуні

і нержавіючої сталі. Вони міцні, але мають слабку термоізоляцію, через швидке нагрівання металеві ємності можуть завдавати шкоди кореневій системі рослин, тому їх часто використовують як зовнішню декоративну оболонку, в яку вставляють рослини в керамічних або пластикових контейнерах [32]. Науковці вказують на можливість застосування контейнерів зі скловолокна Fiberglass, які виготовляють в різноманітних індивідуальних формах, щоб відповідати будь-якому стилю та є довговічними [33]. Пропонується як контейнери використовувати матеріали, отримані методом рециклінгу [34].

У дизайні міського середовища наявні наступні композиційні прийоми контейнерного озеленення – сад на даху, живопліт у контейнері, контейнери вишуканої форми з квітами, рядове розміщення контейнерних рослин вздовж вулиці, вертикальне озеленення з витких рослин в контейнерах, змішані біогрупи з трав'янистих багаторічників та деревних рослин (рис. 4).

Для підбору асортименту рослин необхідно враховувати екологічні умови контейнерної культури через їх несприятливість для вибагливих рослин: мала кількість субстрату, його

низька поживність, можливість пересихання в літній період, висока сонячна інсоляція, промерзання субстрату на початку зими, низькі негативні температури взимку, високі вітрові навантаження. Важливими критеріями підбору також є висота рослин, ширина крони, декоративні якості листків, квітів, тривалий період декоративності. У результаті зіставлення умов контейнерної культури і екологічних та декоративних особливостей рослин, що пройшли інтродукційне випробування в умовах Ботанічного саду БНАУ, рекомендуємо включати у композиції в контейнерах наступних види декоративних хвойних: *Chamaecyparis pisifera* 'Sungold', *Juniperus procumbens* 'Nana', *Juniperus squamata* 'Blue Star', *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', *Thuja occidentalis* 'Ericoides', *Thuja occidentalis* 'Teddy'. Асортимент контейнерних рослин в місті можна також розширити завдяки декоративно-листяним і гарно квітучим кущам з компактною кроною: *Berberis thunbergii* 'Cobolt', *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea Nana', *Cerasus fruticosa*, *Cerasus tomentosa*, *Euonymus japonica*, *Euonymus nanus* 'Aurea', *Euonymus nanus* 'Gracilis', *Ligustrum vulgare* 'Aurea', *Spiraea japonica* 'Aurea', *Spiraea japonica* 'Gnom', *Hibiscus syriacus*.



Рис. 4. Фітокомпозиції з рослин у контейнерах у міському ландшафті (вул. Шолом-Алейхема).

Джерело: фото авторів.

Із багаторічних трав'янистих рослин асортимент можливо розширити завдяки представникам гірської і степової флори, які відмінно будуть почувати себе на освітлених ділянках навіть в умовах водного дефіциту: *Artemisia purshiana*, *Artemisia schmidtiana* 'Nana', *Artemisia stelleriana* 'Silver Brocade', *Bergenia crassifolia*, *Dianthus alpinus*, *Dianthus gratianopolitanus* 'Pink Blanca', *Geranium x magnificum*, *Saxifraga paniculata*, *Cerastium biebersteinii*, *Cerastium purpurascens* та ін. Перспективною є численна група видів роду *Sedum* – *S. hybridum*, *S. spuriu*, *S. reflexum*, *S. rubrotinctum*, *S. palmeri*, *S. oregonense*, *S. nussbaumerianum*, *S. glaucophyllum*, які особливо гармонійно поєднуються з декоративним камінням. Завдяки невибагливості до поживності і посухостійкості їх можна культивувати у невеликих за об'ємом декоративних вазах.

Завдяки запропонованому асортименту рослин, придатних для вирощування в контейнерах, можна створювати ефектні композиції з тривалою декоративністю, підбираючи рослини за початком вегетації, часом цвітіння, розміром, декоративними якістьми, швидкістю розростання та іншими характеристиками.

Для збереження декоративності композицій впродовж усього року в контейнери поряд з багаторічниками рекомендуємо висаджувати вічнозелені хвойні і листяні карликові дерева або кущі.

Висновки. Аналіз особливостей контейнерного озеленення в м. Біла Церква підтверджує перспективність його використання як альтернативи традиційному озелененню міських просторів, особливо в місцях з щільною забудовою. Широке практичне застосування контейнерного озеленення вирішує завдання ефективного використання площі міста під зелені насадження і зменшення негативного впливу на ґрунтоекосистему, воно є економічно заощадливим способом озеленення.

У результаті досліджень встановлено, що у контейнерному озелененні Білої Церкви нараховується 51 вид рослин, які належать до 33 родів та 26 родин. Хвойних дерев та кущів нараховано 14 видів, листяних дерев та кущів – 12 видів, трав'янистих рослин – 21 вид і 4 види ліан. Масово в контейнерах переважають декоративні форми з родів *Thuja*, *Juniperus*, *Taxus*, які мають тривалий період декоративності, а також трав'янисті багаторічники.

Запропоновано розширити асортимент рослин для контейнерного озеленення хвойними і листяними рослинами, багаторічниками, які мають відповідні екологічні осо-

бливості та тривалий період декоративності, а також можуть гармонійно поєднуватися у різних композиціях.

Виникає необхідність у додатковому дослідженні пристосування окремих видів до умов культивування у контейнерах – обмеження місць для кореневого росту, низької поживності субстрату, дефіциту вологи, інтенсивної інсоляції.

Актуальним питанням є подовження вегетації та декоративності окремих видів в контейнерній культурі, а також проблема збереження рослин і ємностей під час зимового періоду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Потоцька С.О., Аравін П.А., Карпенко Ю.О., Сverdlov В.О. Екосистемні послуги вуличних зелених насаджень м. Чернігова в умовах кліматичних змін. Український журнал природничих наук. 2025. № 11. С. 303–313. DOI: 10.32782/naturaljournal.11.2025.32
2. Скробала В.М. Оптимізація урбанізованих та техногенних ландшафтів засобами озеленення. Науковий вісник УДЛУ. 2003. Вип. 13.5. С. 415–421.
3. Зібцева О.В. Динаміка площ зелених насаджень у населених пунктах України. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2017. № 4 (68). С. 1–12.
4. Лук'янчук Н.Г., Мартинюк Х.Я. Фітомеліоративна ефективність вуличних фітоценозів як один із параметрів екологічного виміру збалансованого розвитку міста. Наукові праці Лісівничої академії наук України. Львів, 2016. Вип. 14. С. 217–222.
5. Левон Ф.М. Зелені насадження в антропогенно трансформованому середовищі: монографія. Київ: ННЦІАЕ, 2008. 364 с.
6. Fujii H., Iwata K., Managi S. How do urban characteristics affect climate change mitigation policies? Journal of Cleaner Production. 2017. 168. P. 271–278. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.08.221
7. Carter J.G. Urban climate change adaptation: Exploring the implications of future land cover scenarios Cities. Elsevier. 2018. 77. P. 73–80. DOI: 10.1016/j.cities.2018.01.014
8. Jaramillo P., Nazemi A. Assessing urban water security under changing climate: Challenges and ways forward Sustainable Cities and Society. 2018. 41. P. 907–918. DOI: 10.1016/j.scs.2017.04.005
9. Making less vulnerable cities: Resilience as a new paradigm of smart planning Sustainability (Switzerland) / F. Moraci et al. 2018. 10 (3). P. 1–18. DOI: 10.3390/su10030755
10. Building physics design of urban surfaces IOP. Earth and Environmental Science / P. Leister et al. 2019. 323(1). DOI: 10.1088/1755-1315/323/1/012067
11. Croce S., Vettorato D. Urban surface uses for climate resilient and sustainable cities: A catalogue of solutions. Sustainable Cities and Society. 2021. 75. 103313. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103313.

12. Bailey S. Lack of space frustrates urban gardeners. *Alternatives Journal*. 2010. 19(3). P. 312–319.
13. Бойко Л.І., Данильчук Н.М., Юхименко Ю.С., Шульга О.О. Використання мобільних форм в озелененні мегаполісів на прикладі м. Кривий Ріг. *Біологія та екологія*. 2022. Т. 8. № 1. С. 9–11.
14. Nagase A., Lundholm Je. Container gardens: Possibilities and challenges for environmental and social benefits in cities. *Journal of Living Architecture*. 2021. 8. P. 1–19. DOI: 10.46534/jliv.2021.08.02.001.
15. Косик О.І., Горупаха В.Г., Гуменюк М.О. Використання контейнерного озеленення в міському середовищі. Теорія та практика дизайну: збірник наукових праць. Дизайн архітектурного середовища. Київ: НАУ, 2020. Вип. 21. С. 58–65.
16. Peters L., Beck A., Williamson D. *Container Gardening for Canada*. Lone Pine Publishing. UK, 2007. 224 p.
17. Hiller M. *The book of container gardening*. New York: Simon and Schuster. 1991. 224 p.
18. Littke H. Revisiting the San Francisco parklets problematizing publicness, parks, and transferability *Urban Forestry and Urban Greening*. 2016. 15. P. 165–173. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.12.010
19. Urban Land Institute. *Pavement to Parks: Transforming Spaces for Cars into Places for People*. Washington, DC: ULI, 2020.
20. Жихарева К.В., Роговський С.В. Парклет, як елемент облаштування вулиці: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених «Вивчення і збереження біорізноманіття біоценозів України». Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 40–43.
21. Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna / F. Orsini et al. *Food Security*. 2014. 6(6). P. 781–792.
22. Food Security in East Scarborough: Recommendations on Potential Initiatives to Promote Community Food Security / N. Choonsingh et al. University of Toronto at Scarborough. 2010. 49 p.
23. Бессонова В.П. Рослини квітників: довідник. Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А.Л.», 2010. 176 с.
24. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні: довідник / М.А. Кохно та ін. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. Ч. 1. 448 с.
25. Ішук Л.П., Олешко О.Г., Черняк В.М., Козак Л.А. Квітництво. Біла Церква, 2014. 292 с.
26. Пушкар В.В. Дизайн квітників: навч. посіб. Київ: Вид-во «Альтерпрес», 2007. 336 с.
27. Заячук В.Я. Дендрологія. Львів: СПОЛОМ, 2014. 676 с.
28. Туровцева Н.М., Бредіхіна Ю.Л., Красіна Н.О., Дмитренко Д.О. Багаторічні рослини для контейнерного озеленення. Світова наука: проблеми, перспективи та інновації: матеріали міжнародної науково-практ. конф. Торонто, 2021. С. 594–599.
29. Криворучко В.О., Олешко О.Г. Підбір асортименту декоративних рослин для контейнерного озеленення міського простору: матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві». Біла Церква, 2020. С. 30–33.
30. Wazeed Goneddula Shaik. Container gardening. In book: *Insights of floriculture floriculture & landscaping*. Publisher: Stella International Publication. 2024. P. 1–21.
31. Gopal D., Nagendra H. Vegetation in Bangalore's slums: Boosting livelihoods, well-being and social capital. *Sustainability*. 2014. 6(5). P. 2459–2473.
32. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services / E. Oberndorfer et al. *BioScience*. 2007. 57(10). P. 823–833.
33. Whittinghill L.J., Rowe D.B. The role of green roof technology in urban agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2011. 27(04). P. 314–322.
34. Stanley C., Harbaugh B. Estimation of daily water requirements for potted ornamental crops. *HortTechnology*. 1992. 2(4). P. 454–456.

REFERENCES

1. Pototska, S.O., Aravin, P.A., Karpenko, Yu.O., Sverdlov, V.O. (2025). Ekosistemni poslugi vulichnih zelenih nasadzhen m. Chernigova v umovah klimatichnih zmin [Ecosystem services of street green spaces in Chernihiv under climate change]. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. no. 11, pp. 303–313. DOI 10.32782/naturaljournal.11.2025.32
2. Skrobala, V.M. (2003). Optimizaciya urbanizovanih ta tehnogennih landshaftiv zasobami ozeleennya [Optimization of urbanized and technogenic landscapes by means of greening]. *Naukovy visnyk UDLU* [Collection of scientific papers of Uman State Pedagogical University]. Vol. 13.5, pp. 415–421.
3. Zibtseva, O.V. (2017). Dinamika plosh zelenih nasadzhen u naselenih punktah Ukrainy. [Dynamics of green areas in settlements of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy* [Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]. no. 4 (68), pp. 1–12.
4. Lukyanchuk, N.G., Martyniuk, Kh.Ya. (2016). Fitomeliorativna efektyvnist vulichnih fitocenoziv yak odin iz parametriv ekologichnogo vimiru zbalansovanogo rozvitku mista [Phyto-ameliorative efficiency of street phytocenoses as one of the parameters of the ecological dimension of balanced city development]. *Naukovi praci Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy* [Ukrainian Journal of Forest and Wood Science]. Vol. 14, pp. 217–222.
5. Levon, F.M. (2008). Zeleni nasadzhenya v antropogenno transformovanomu seredovishi [Green spaces in an anthropogenically transformed environment: monograph]. Kyiv, NNCIAE, 364 p.
6. Fujii, H., Iwata, K., Managi, S. (2017). How do urban characteristics affect climate change mitigation policies? *Journal of Cleaner Production*. no. 168, pp. 271–278. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.08.221

7. Carter, J.G. (2018). Urban climate change adaptation: Exploring the implications of future land cover scenarios Cities. Elsevier. no. 77, pp. 73–80. DOI: 10.1016/j.cities.2018.01.014
8. Jaramillo, P., Nazemi, A. (2018). Assessing urban water security under changing climate: Challenges and ways forward Sustainable Cities and Society. no. 41, pp. 907–918. DOI: 10.1016/j.scs.2017.04.005
9. Moraci, F. (2018). Making less vulnerable cities: Resilience as a new paradigm of smart planning Sustainability (Switzerland). no. 10 (3), pp. 1–18. DOI: 10.3390/su10030755
10. Leistner, P. (2019). Building physics design of urban surfaces IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. no. 323 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/323/1/012067
11. Croce, S., Vettorato, D. (2021). Urban surface uses for climate resilient and sustainable cities: A catalogue of solutions. Sustainable Cities and Society. no. 75, 103313. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103313.
12. Bailey, S. (1993). Lack of space frustrates urban gardeners. Alternatives Journal. no. 19(3), pp. 312–319.
13. Bojko, L.I., Danilchuk, N.M., Yuhimenko, Yu.S., Shulga, O.O. (2022). Viktoristannya mobilnih form v ozelenenni megapolisiv na prikladi m. Krivij Rig [The use of mobile forms in the landscaping of megacities using the example of the city of Kryvyi Rih]. Biologija ta ekologija [Biology and ecology]. Vol. 8, no. 1, pp. 9–11.
14. Nagase, A., Lundholm, J. (2021). Container gardens: Possibilities and challenges for environmental and social benefits in cities. Journal of Living Architecture. Vol. 8, pp. 1–19. DOI: 10.46534/jliv.2021.08.02.001.
15. Kosik, O.I., Gorupaha, V.G., Gumenyuk, M.O. (2020). Viktoristannya kontejnernogo ozelenennya v miskomu seredovishi [The use of container gardening in the urban environment]. Teoriya ta praktyka dyzajnu: zbirnyk naukovykh prac'. Dydzajn arhitekturnogo seredovyssha [Theory and Practice of Design. Collection of Scientific Papers. Architectural environment design]. Kyiv, NAU, Vol. 21, pp. 58–65.
16. Peters, L., Beck, A., Williamson, D. (2007). Container Gardening for Canada. Lone Pine Publishing. UK, 224 p.
17. Hiller, M. (1991). The book of container gardening. New York: Simon and Schuster. 224 p.
18. Littke, H. (2016). Revisiting the San Francisco parklets problematizing publicness, parks, and transferability Urban Forestry and Urban Greening. no. 15, pp. 165–173. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.12.010
19. Urban Land Institute. Pavement to Parks: Transforming Spaces for Cars into Places for People. Washington, DC, ULI, 2020, 72 p.
20. Zhykhareva, K.V., Rogovsky, S.V. (2021). Parklet, yak element oblashtuvannya vulici: materialy Vseukrai'ns'koi' naukovykh praktychnoi' konferencii' zdobuvachiv vyshhoi' osvity i molodykh vchenykh «Vyvchennja i zberezhennja bioriznomanittja biocenoziv Ukrai'ny» [Parklet as an element of street arrangement: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Higher Education Students and Young Scientists «Study and Preservation of Biodiversity of Biocenoses of Ukraine»]. Bila Tserkva, pp. 40–43.
21. Orsini, F., Gasperi, D., Marchetti, L., Piovene, C., Draghetti, S., Ramazzotti, S., Bazzocchi, G., Gianquinto, G. (2014). Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. Food Security. no. 6(6), pp. 781–792.
22. Choonsingh, N., Achacoso, A., Amodeo, H., Chamorro, A., Donald, W. (2010). Food Security in East Scarborough: Recommendations on Potential Initiatives to Promote Community Food Security. University of Toronto at Scarborough. 49 p.
23. Bessonova, V.P. (2010). Roslini kvitnikiv: dovidnik [Flower garden plants]. Dnipropetrovsk, «Svidler A.L.», 176 p.
24. Kokhno, M.A., Parkhomenko, L.I., Zarubenko, A.U. (2002). Dendroflora Ukrayini. Dikorosli j kultivovani dereva i kushi. Pokritonasinni: dovidnik [Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, Part I, 448 p.
25. Ishchuk, L.P., Oleshko, O.H., Cherniak, V.M., Kozak, L.A. (2014). Kvitnykarstvo [Floriculture]. Bila Tserkva, 292 p.
26. Pushkar, V.V. (2007). Dizajn kvitnikiv [Design of flower gardens]. Kyiv, «Alterpres», 336 p.
27. Zayachuk, V.Ya. (2014). Dendrologiya [Dendrology]. Lviv, Spolom, 676 p.
28. Turovtseva, N.M., Bredikhina, Yu.L., Kratina, N.O., Dmytrenko, D.O. (2021). Bagatorichni roslini dlya kontejnernogo ozelenennja. Svitova nauka: problemy, perspektyvy ta innovacii': materialy mizhnarodno naukovo-prakt. konf. [Perennial plants for container gardening]. World science: problems, prospects and innovations: materials of the international scientific and practical conference]. Toronto, pp. 594–599.
29. Kryvoruchko, V.O., Oleshko, O.G. (2020). Pidbir asortimentu dekorativnih roslin dlya kontejnernogo ozelenennja miskogo prostoru: materialy mizhnarodnoi' naukovykh praktychnoi' konferencii' studentiv «Innovacijni tehnologii' v agronomii', zemleustroi', lisovomu ta sadovo-parkovomu gospodarstvi» [Selection of an assortment of ornamental plants for container gardening of urban space: materials of the international scientific and practical conference of students "Innovative technologies in agronomy, land management, forestry and horticulture"]. Bila Tserkva, pp. 30–33.
30. Wazeed Goneddula Shaik. (2024). Container gardening. In book: Insights of floriculture floriculture & landscaping. Publisher: Stella International Publication. pp. 1–21.
31. Gopal, D., Nagendra, H. (2014). Vegetation in Bangalore's slums: Boosting livelihoods, well-being and social capital. Sustainability. no. 6(5), pp. 2459–2473.
32. Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S.,

Köhler, M., Liu, K.K., Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience*. no. 57(10), pp. 823–833.

33. Whittinghill, L.J., Rowe, D.B. (2011). The role of green roof technology in urban agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*. no. 27(04), pp. 314–322.

34. Stanley, C., Harbaugh, B. (1992). Estimation of daily water requirements for potted ornamental crops. *HortTechnology*. no. 2(4), pp. 454–456.

Analysis of container landscaping using in the urban environment on the example of Bila Tserkva

Oleshko O., Vashchuk Y.

The advantages of container gardening for increasing the green infrastructure of modern cities and improving the ecological state of urbanized areas are considered. In modern cities, this method is an alternative to traditional landscaping in places with dense buildings and solid pavement for the design of parklets, narrow streets, playgrounds, outdoor cafes, balconies, terraces, and roofs. The value of container gardens is recognized in the green infrastructure system of modern cities, providing a number of ecosystem services: using rainwater, improving air quality and temperature conditions, maintaining biodiversity, aesthetically improving territories, promoting connection with nature and emotional well-being.

Analysis results of container gardening state in Bila Tserkva are presented, taxonomic composition of plants grown in containers has been determined. It was found that there were 51 species of plants in con-

tainer culture, belonging to 33 genera and 26 families. The families *Cupressaceae*, *Crassulaceae*, *Poaceae*, *Rosaceae* are represented by the largest number of taxa. Among the studied assortment there are 14 species of conifers, 12 species of deciduous trees and 21 species of herbaceous plants and 4 species of vines. Ornamental forms from the genera *Thuja*, *Juniperus*, *Taxus*, which have a long decorative period, as well as perennial herbaceous plants of the genera *Lavandula*, *Pelargonium*, *Hosta*, *Hemerocallis*, *Chrysanthemum*, *Festuca*, *Sedum* predominate in containers.

The most common material of containers for finishing spaces in the city are concrete and plastic, but containers made of ceramics, wood, and metal were also found. The following compositional techniques of container gardening are present in the design of the urban environment: a roof garden, a hedge in a container, exquisitely shaped containers with flowers, row placement of container plants along the street, vertical gardening of climbing plants in containers, mixed biogroups of herbaceous perennials and woody plants. It was proposed to expand assortment of plants for container city landscaping, taking into account the soil and climatic zone with perennial species that have appropriate ecological characteristics and a long period of decorativeness, and can look harmonious in various compositions – coniferous and deciduous bushes, herbaceous perennials.

Key words: container landscaping, urban spaces, assortment of container plants, urban ecosystems, alternative landscaping.



Copyright: 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:

Олешко О.Г.

Ващук Ю.В.

<https://orcid.org/0000-0001-5263-1347>

<https://orcid.org/0000-0002-1859-5802>



ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.916.16:581.5:630*2 (477.4)

Особливості квітування та плодоношення *Fraxinus excelsior* L. в умовах Правобережного Лісостепу України**Баюра О.М.¹ , Вітенко В.А.¹ , Коваль С.А.¹ ,
Масловата С.А.¹ , Іщук Г.П.¹ , Іщук Л.П.² **¹ Уманський національний університет садівництва² Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України

E-mail: sasha-uman@ukr.net



Баюра О.М., Вітенко В.А., Коваль С.А., Масловата С.А., Іщук Г.П., Іщук Л.П. Особливості квітування та плодоношення *Fraxinus excelsior* L. в умовах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 314–321.

Bayura O., Vitenko V., Koval S., Maslovata S., Ishchuk H., Ishchuk L. Features of flowering and fruiting of *Fraxinus excelsior* L. in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 314–321.

Рукопис отримано: 26.12.2024 р.

Прийнято: 10.01.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-314-321

На сьогодні дослідження особливостей росту та розвитку генеративних органів ясена звичайного в паркових насадженнях Правобережного Лісостепу України не проводили, тому їх вивчення є актуальним. Для вирішення цієї наукової проблеми були виконані дослідження особливостей квітування та плодоношення ясена звичайного в насадженнях Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України та на території Уманського національного університету садівництва. Проведеними дослідженнями встановлено періоди та тривалість набубнявіння і розпукування бруньок, бутонізації, цвітіння, зав'язування плодів, їх дозрівання та опадання, періодичність плодоношення дерев ясена звичайного. Виявлено, що набубнявіння бруньок розпочинається в I та II декадах квітня (04.04–13.04) і продовжується впродовж 7–9 діб. Розпукування бруньок розпочинається здебільшого в II декаді квітня (14.04–20.04) і триває 5–6 діб. Бутонізація відбувається наприкінці II або на початку III декади квітня (15.04–24.04). Початок цвітіння спостерігається в III декаді квітня (20.04–29.04) та закінчується наприкінці III декади квітня або на початку I декади травня (28.04–03.05). Тривалість цвітіння становить 6–9 діб. Зав'язування плодів розпочинається в I декаді травня. Незрілі плоди досягають розмірів зрілих у I декаді червня, а їх дозрівання завершується в останніх числах III декади серпня та на початку I декади вересня. На одному й тому ж дереві насіння дозріває неодноразово. Період дозрівання розтягується на місяць, а інколи й довше. Плоди починають опадати на початку липня (невиповнені та пошкоджені), а основна маса опадає на сніг взимку. Також слід зазначити, що частина крилаток залишається на дереві впродовж літа наступного року, а інколи й до закінчення осені. Тривалість розвитку плодів до фази дозрівання у ясена звичайного становить 85–89 діб. Деревя плодоносять щорічно, однак рясні врожаї спостерігаються з періодичністю 1–3 роки. На 1 м² поверхні землі опадає в середньому від 72–143 шт плодів.

Ключові слова: ясен звичайний, брунька, цвітіння, суцвіття, плоди, плодоношення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.) є цінним та одним із найпоширеніших видів широколистяних дерев у Європі [1, 2]. Він є найбільшим деревом у роді *Fraxinus* і в стадії стиглості (90–120 років) може сягати 20–35 м (максимально 40 м) у висоту. У дорослих особин середній діаметр стовбура коливається від 30 до 70 см (максимально 150 см) [3].

Кора слаботріщинувата, сіра або темно-сіра, з віком стає темніша, поздовжні тріщини на ній поглиблюються. Пагони світло-сірі або жовто-сірі, зеленуваті, з рідкими білуватими сочевичками. Бруньки чорні або бурувато-чорні з дрібними цятками. Листки супротивні, непарноперисті, складаються із 7–9 (15) сидячих або майже сидячих листочків. Суцвіття – волоть. Плід – однонасінна сплюснута лінійно-ланцетна крилатка з плоским волокнистим крилоподібним виростом; шкіряста, шорстка, світло-коричнева [4, 5].

Природний ареал ясен звичайного охоплює більшу частину Європи від берегів Атлантичного океану на заході до р. Волги на сході, за винятком найбільш північної та південної частин [3]. Він широко розповсюджений у вологих і прибережних низинних лісах, сухих вапнякових ділянках, на висоті до 1600–1800 м над рівнем моря [6]. Ясен звичайний зустрічається в різних асоціаціях змішаних лісів у Європі [7] та є головним видом для різних таксонів [8, 9].

Ясен звичайний – вітрозапильний. Дерева, що зростають поодинокі починають квітнути у віці 15–20 років, а в масивах – у віці 30 років.

Система розмноження є полігамною [10–15]. Морфологічно гермафродитні особини часто переважно чоловічої або жіночої статі.

В умовах Великобританії та Ірландії квітнення ясен звичайного розпочинається в I–II декаді березня та закінчується в II–III декаді травня [3]. У Франції цвітіння припадає на ранню весну (березень-квітень). Триває впродовж трьох-чотирьох тижнів до появи листя (травень) [13].

За дослідженнями F. Latorre та M. Bianchi, [16], в умовах Аргентини цвітіння триває 34 доби, а основна фаза становить лише 21 добу. За даними Л.І. Рубцова [17], в умовах Києва квітує з 3–18 травня впродовж 16 діб.

За даними С.І. Терещенко [18], у насадженнях Донецького ботанічного саду НАН України, дозрівання плодів ясен звичайного починається в першій половині липня та продовжується впродовж 30 діб.

У Харківській області до листопаду опадає 20,8 % крилаток ясен звичайного, від початку листопаду до першого снігу – 23,4 %, на сніг – 49,5 %, після танення снігу – 6,3 % [19].

У свіжих дібровах Голосіївського лісництва дерева ясен звичайного, що ростуть на вільному місці, починають плодоносити з 15–18 років, у змішаних насадженнях – з 22–25 років [20].

Життєдіяльність рослин проходить в умовах непостійного, змінного та динамічного зовнішнього середовища. Це відображається на етапах сезонного розвитку рослин. Знання фенологічних особливостей конкретного виду рослин дозволяє встановити найсприятливіші періоди дозрівання та збирання насіння, проведення розмноження рослин, посіву, садіння тощо.

Фенологія ясен звичайного як у природі, так і в культурі, вивчена недостатньо [21]. М.І. Гордієнко та ін. [20] вивчали фенологічні фази росту та розвитку ясен звичайного в лісових масивах свіжих дубових лісів. У Донецькому ботанічному саду НАН України С.І. Терещенко [18] досліджував ріст і розвиток ясен звичайного. Фенологічні фази розвитку генеративних органів, зокрема плодоношення, досліджували на Британських островах [3, 11, 22, 23], у Швеції [24, 25], Франції [13, 26] та Аргентині [16].

Дослідження особливостей росту та розвитку генеративних органів ясен звичайного в паркових насадженнях Правобережного Лісостепу України не проводили, тому їх вивчення є актуальним.

Мета дослідження – вивчити особливості проходження фенологічних фаз розвитку генеративних органів ясен звичайного в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Особливості росту та розвитку генеративних органів ясен звичайного вивчали в Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України та Уманському національному університеті садівництва впродовж 2020–2022 років [27–29]. Для спостереження вибирали по 10 модельних однакових за фізіологічними показниками дерев. У період вегетації рослин фенологічні спостереження проводили 2–3 рази на тиждень. Під час інтенсивного розвитку (весною) – щоденно.

Набубнявіння генеративних бруньок відмічали до розгортання лусок за збільшенням їх об'єму та зміною кольору – від чорного або бурувато-чорного до зеленого. Розпукування бруньок встановлювали за появою з-під брунькових лусок верхівок

зародкових суцвіть. Бутонізацію відмічали в період відокремлення квіток у суцвіттях. Початок цвітіння відмічали, коли під час струшування гілок із пильників вилітав пилок. Зав'язування плодів встановлювали під час інтенсивного розростання зав'язі за кілька діб до в'янення та всихання рильця маточки. Фазу, коли незрілі плоди досягали розмірів зрілих, визначали візуально, шляхом їх порівняння із розмірами зрілих плодів. Фазу дозрівання плодів фіксували за зміною забарвлення оплодня та крилатки – побуріння та набуття світло-коричневого забарвлення.

Клімат місця проведення досліджень помірно континентальний з відносно теплою зимою та частими відлигами. Найтеплішою була зима 2020 року, коли середня температура грудня становила 0,9 °С, січня – 0,4 °С, лютого – 2,2 °С (табл. 1).

Найхолоднішою була зима 2021 року – грудень – -1,0 °С, січень – -2,3 °С, лютий – -3,8 °С. Для 2021 та 2022 років характерні значно вищі температури порівняно із середньобогаторічними даними. Найвища середньомісячна температура в середньому за три роки досліджень становила у липні +22,0 °С.

Результати дослідження та обговорення. Суцвіття ясена звичайного з'являються до початку розпускання листя з бічних бруньок на пагонах попереднього року. Бічні гілки суцвіття розташовані протилежно, і кожна бічна гілка має листок, що укриває її основу. При основі квітконіжки є також тонкі лускоподібні листки, які під час розвитку суцвіття опадають.

За нашими спостереженнями та даними досліджень Е. Wallander [30], виділяємо чотири основних типи суцвіття ясена звичайного: а) чоловіче суцвіття: складається

переважно з тичинкових квіток; б) змішане чоловіче і двостатеве суцвіття; в) двостатеве суцвіття: складається переважно з квіток, у яких повністю розвинені як маточки, так і тичинки; г) жіноче суцвіття: складається лише з маточкових квіток, які можуть бути недорозвиненими (рис.1).

Дерева ясена звичайного цвітуть не щороку, а з інтервалом в один-два роки; навіть якщо деякі дерева цвітуть два роки поспіль, кількість квіток і суцвіть невелика, відповідно й насіння утворюється мало.

Середні дані за три роки спостережень (2020–2022 рр.) щодо фенологічних ритмів розвитку генеративних органів ясена звичайного наведені на рисунку 2. Набубнявіння бруньок розпочинається в I та II декадах квітня (04.04–13.04) і продовжується впродовж 7–9 діб. Розпукування бруньок розпочинається здебільшого в II декаді квітня (14.04–20.04) і триває 5–6 діб. На час розкриття бутонів впливають зимові та весняні температури. Бутонізація настає наприкінці II або на початку III декади квітня (15.04–24.04).

Цвітіння починається в III декаді квітня (20.04–29.04) та закінчується наприкінці III декади квітня або на початку I декади травня (28.04–03.05). Тривалість цвітіння становить 6–9 діб. Таку різницю тривалості квітування можна пояснити тим, що показники знімали в різних фазах. Оскільки майже одночасно на одному дереві відбувається і бутонізація, і цвітіння (рис. 3).

Зав'язування плодів настає в I декаді травня. Незрілі плоди досягають розмірів зрілих у I декаді червня, а їх дозрівання розпочинається в останніх числах III декади серпня та на початку I декади вересня. Тривалість розвитку плодів ясена звичайного до фази дозрівання становить 85–89 діб.

Таблиця 1 – Середньомісячна температура повітря за 2020–2022 роки досліджень (за даними метеостанції Умань), °С

Рік	Місяць												Середня за рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2020	0,4	2,2	6,4	9,2	12,5	20,8	21,7	20,9	17,8	12,7	3,7	0,0	10,7
2021	-2,3	-3,8	2,0	7,4	14,0	19,8	23,2	20,3	13,0	7,2	4,7	-1,0	8,7
2022	-1,3	1,8	2,0	8,5	14,8	20,4	21,1	21,8	13,3	10,1	0,9	-0,3	9,4
Середня за 3 роки	-1,1	0,1	3,5	8,4	13,8	20,3	22,0	21,0	14,7	10,0	3,1	-0,4	9,6
Середня багаторічна	-5,7	-4,2	0,4	8,5	14,6	17,6	19,0	18,2	13,6	7,6	2,1	-2,4	7,4

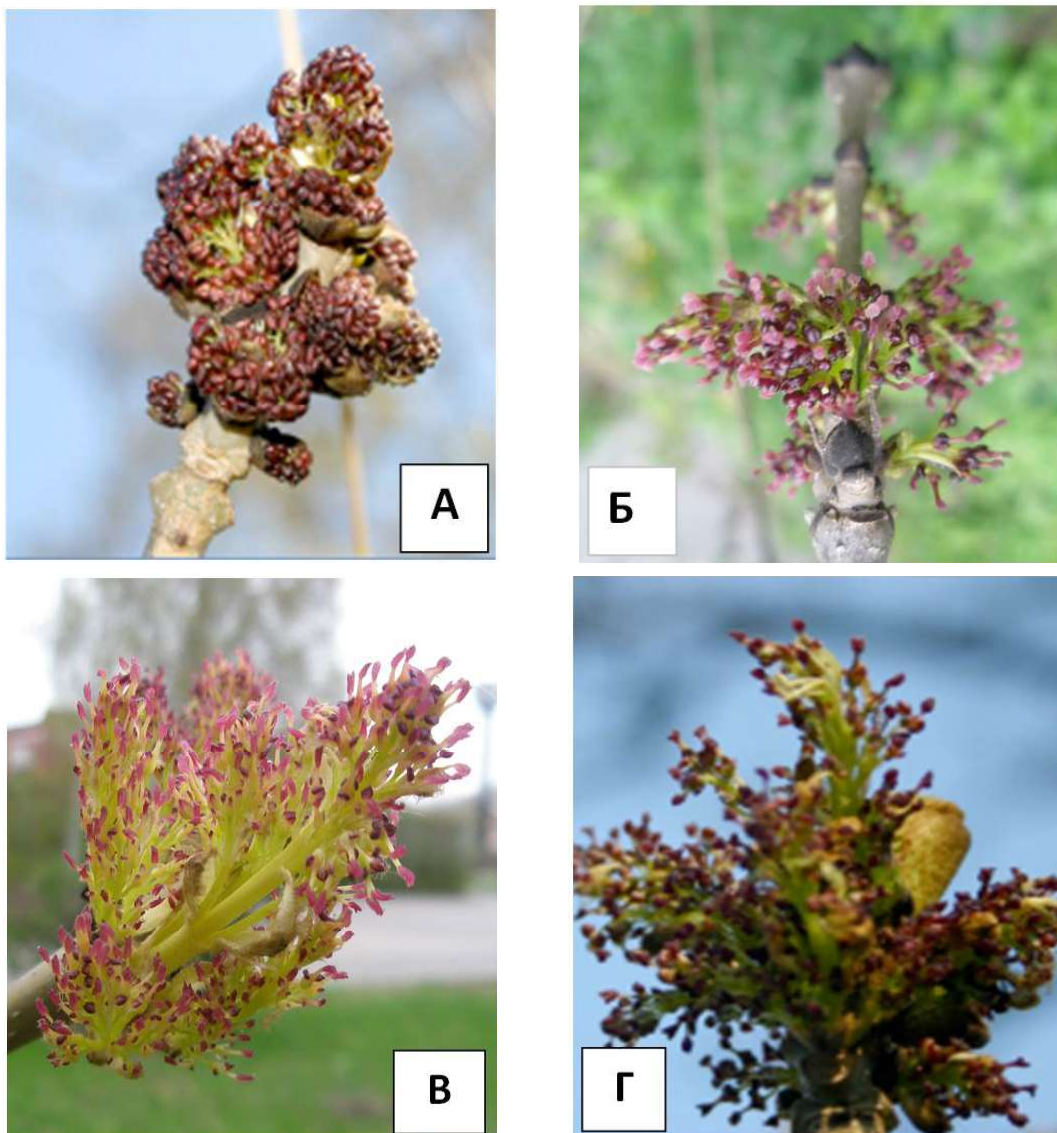


Рис. 1. Суцвіття ясена звичайного:

- А) Чоловічі суцвіття, які складаються лише з тичинкових квіток;
 Б, Г) Гермафродитні суцвіття з варіативністю розвитку тичинок;
 В) Жіночі суцвіття, які складаються лише з маточкових квіток.
 (Фото А, Г – Grażyna Bochenek [24]; фото Б, В – автора).

У Національному дендрологічному парку “Софіївка” НАН України (м. Умань), дозрівання плодів (крилаток) розпочинається в ІІІ декаді серпня та триває близько 30–40 діб, що має певну розбіжність в тривалості формування насіння з іншими регіонами.

Дозрівання крилаток починається наприкінці серпня. На одному й тому ж самому дереві насіння досягає неодноразово. Дозрівання розтягується на місяць, а інколи й більше. Пошкоджені комахами та недорозвинені крилатки починають опадати одразу після

утворення зав’язі – початок липня. У перший період листопаду опадає більшість порожніх плодів. Основна їх маса опадає взимку – повнозернисті крилатки. Також слід зазначити, що частина крилаток залишається на дереві впродовж літа наступного року, а інколи й до закінчення осені.

У Національному дендрологічному парку “Софіївка” НАН України дерева ясена звичайного плодоносять щорічно, однак рясні врожаї спостерігаються з періодичністю 1–3 роки.



Рис. 2. Фенологічні ритми розвитку генеративних органів ясен звичайного.



А

Б

Рис. 3. Бутонізація та цвітіння ясен звичайного:

А – бутонізація; Б – цвітіння.

У чистих насадженнях рясний врожай крилаток буває рідше, ніж у змішаних. У дерев, що ростуть на відкритих ділянках, крилатки розташовані на периферії крони. У зімкнутих змішаних насадженнях 80–90 % (за масою) крилаток розташовані у верхній, сонячній частині крони, а решта 10–20 % – у нижній частині крони, в яку сонячне проміння проникає рідко та на короткий час. На 1 м² поверхні

грунту в насадженнях опадає в середньому від 72–143 шт. плодів. Маса 1000 штук виповнених плодів ясен звичайного становить 84,0 г, відповідно на 1 м² знаходиться 6,0–12,0 г.

Висновки. Квіти у дерев ясен звичайного полігамні. На закладання квіток і суцвіть впливають метеорологічні чинники, тому дерева рясно цвітуть не щорічно, а з проміжками в 1–2 роки.

Початок квітання розпочинається в III декаді квітня (20.04–29.04) та закінчується наприкінці III декади квітня або на початку I декади травня (28.04–03.05). У порівнянні з іншими регіонами України, в наших умовах тривалість квітання найменша і становить лише 6–9 діб.

Зав'язування плодів настає в I декаді травня. Незрілі плоди досягають розмірів зрілих у I декаді червня. Дозрівання крилаток починається в III декаді серпня і триває 30–40 діб. Невиповнені та пошкоджені плоди починають опадати на початку липня, а основна маса виповнених – взимку. Інколи, частина крилаток залишається на дереві впродовж літа наступного року.

В Національному дендрологічному парку “Софіївка” НАН України дерева ясен звичайного плодоносять щорічно, однак рясні врожаї спостерігаються з періодичністю 1–3 роки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Holm H. Investigation of constitutive phloem phenolics in European ash (*Fraxinus excelsior*) with different phenotypic susceptibility to ash dieback. 2019. Alnarp. 62 p.
2. Lévesque M., Bustamante Eduardo J.I., Queloz V. Potential alternative tree species to *Fraxinus excelsior* in European forests. Front. For. Glob. 2023. 6. DOI: 10.3389/ffgc.2023.1048971.
3. Common ash (*Fraxinus excelsior* L.) / G. Douglas et al. Forest tree breeding in Europe: current state-of-the-art and perspectives. 2013. Vol. 25. P. 403–462. DOI: 10.1007/978-94-007-6146-9_9.
4. Баюра О.М. Ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.) та його форми: біоекологія, розмноження і використання в Правобережному Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Київ, 2012. 208 с.
5. Баюра О.М. Біометричні показники плодів *Fraxinus excelsior* L. та його декоративних форм. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(3). С. 22–24. DOI: 10.15421/40270303.
6. Kollas C., Körner C., Randin C.F. Spring frost and growing season length co-control the cold range limits of broad-leaved trees. J. Biogeogr. 2014. Vol. 41. P. 773–783. DOI: 10.1111/jbi.12238.
7. Leuschner C., Ellenberg H. Ecology of central European forests. Vegetation ecology of central Europe. 2017. Vol. I. 972 p. DOI: 10.1007/978-3-319-43042-3.
8. Ash dieback in the UK: A review of the ecological and conservation implications and potential management options / R.J. Mitchell et al. Biol. Conserv. 2014. Vol. 175. P. 95–109. DOI: 10.1016/j.biocon.2014.04.019.
9. Invertebrate species at risk from ash dieback in the UK / B.S. Nau et al. J. Insect Conserv. 2015. Vol. 19. P. 75–85. DOI: 10.1007/s10841-014-9745-2.
10. Clark J.R. Adaptation of ash (*Fraxinus excelsior* L.) to climate change. Bangor, UK: Bangor University, 2013. 236 p.
11. Thomas P. Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. Journal of Ecology. 2016. Vol. 104(4). P. 1158–1209. DOI: 10.1111/1365-2745.12566.
12. *Fraxinus excelsior* in Europe: distribution, habitat, usage and threats / P. Beck et al. European Atlas of Forest Tree Species. 2016. P. 98–99. DOI: 10.7892/boris.80792.
13. Polygamy or subdioecy? The impact of diallelic self-incompatibility on the sexual system in *Fraxinus excelsior* (Oleaceae) / P. Saumitou-Laprade et al. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2018. Vol. 285(1873). DOI: 10.1098/rspb.2018.0004.
14. *Fraxinus excelsior* L. OLEACEAE / R.W. Busmann et al. Ethnobotany of the Mountain Regions of Far Eastern Europe. Ethnobotany of Mountain Regions. 2019. P. 1–5. DOI: 10.1007/978-3-319-77088-8_62-2.
15. Pollination success of *Fraxinus excelsior* L. in the context of ash dieback / A.K. Eisen et al. Annals of Forest Science. 2023. Vol. 80(22). DOI: 10.1186/s13595-023-01189-5.
16. Latorre F., Bianchi M. Relationships between flowering development of *Ulmus pumila* and *Fraxinus excelsior* and their airborne pollen. Grana. 1998. Vol. 37(4). P. 233–238. DOI: 10.1080/00173139809362672.
17. Рубцов Л.І. Деревя та чагарники в ландшафтній архітектурі. Київ: Наук. думка, 1977. 272 с.
18. Терещенко С.І. Інтродукція видів роду *Fraxinus* L. у Донецькому ботанічному саду НАН України. Scientific thought. 2002. № 2. С. 102–109.
19. П'ятницький С.С. Довговічність і відмирання деревних порід у степових умовах у світлі теорії стадійного розвитку рослин. Збірник робіт із пользахисного лісорозведення. 1940. С. 113–158.
20. Гордієнко М.І., Гойчук А.Ф., Гордієнко Н.М., Леонтьєв Г.П. Ясени в Україні. Київ: Сільгоспосвіта, 1996. 391 с.
21. Bayura A., Shlapak V., Ostapchuk A., Ischuk G. Features of the phenological time series of Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and its ornamental forms in the forest-steppe zone of Right-Bank Ukraine. Forestry Ideas. 2018. Vol. 24. No 1(55). P. 73–84.
22. Binggeli P., Power J. Gender variation in ash (*Fraxinus excelsior* L.). Miscellaneous Notes and Reports in Natural History. Ecology, Conservation and Resources Management. 1991. P. 1–4.
23. Wardle P. Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior* L. Journal of Ecology. 1961. Vol. 49(3). P. 739–751. DOI: 10.2307/2257236.
24. Grażyna B. Reproductive biology and population genetics of Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.). Goteborg. 2011. 38 p.
25. Per-Göran Tapper. Irregular fruiting in *Fraxinus excelsior*. Journal of Vegetation Science. 1996. Vol. 3(1). P. 41–46. DOI: 10.2307/3235996.

26. Sex expression and reproductive biology in a tree species, *Fraxinus excelsior* L. / B. Albert et al. Comptes Rendus. Biologies. 2013. Vol. 336(10). P. 479–485. DOI: 10.1016/j.crvi.2013.08.004.

27. Hudson I., Keatley M. Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. Dordrecht. 2010. DOI: 10.1007/978-90-481-3335-2.

28. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / U. Meier. Quedlinburg, 2018. 204 p. DOI: 10.5073/20180906-074619

29. Драбинюк Г.В. Методичні рекомендації щодо ведення фенологічних спостережень за рослинами на території природно-заповідного фонду. РЛП «Приінгульський». 216. 7 с.

30. Wallander E. Evolution of wind pollination in *Fraxinus* (*Oleaceae*): an ecophylogenetic approach: dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Systematic Botany. Göteborg University, Sweden. 2001. 127 p.

REFERENCES

1. Holm, H. (2019). Investigation of constitutive phloem phenolics in European ash (*Fraxinus excelsior*) with different phenotypic susceptibility to ash dieback. Alnarp. 62 p.

2. Lévesque, M., Bustamante Eduardo, J.I., Que-
loz, V. (2023). Potential alternative tree species to *Fraxinus excelsior* in European forests. Front. For. Glob. no. 6. DOI: 10.3389/ffgc.2023.1048971.

3. Douglas, G., Pliura, A., Dufour, J., Mertens, P., Jacques, D., Fernandez-Manjares, J. (2013). Common ash (*Fraxinus excelsior* L.). Forest tree breeding in Europe: current state-of-the-art and perspectives. Vol. 25, pp. 403–462. DOI: 10.1007/978-94-007-6146-9_9.

4. Bayura, O.M. (2012). Yasen zvychainyi (*Fraxinus excelsior* L.) ta yoho formy: bioekolohiia, rozmnozheniia i vykorystannia v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.03.01 [European ash (*Fraxinus excelsior* L.) and its forms: bioecology, reproduction and use in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: diss. of the candidate of agricultural sciences: 06.03.01]. Kyiv, 208 p.

5. Bayura, O.M. (2017). Biometrychni pokaznyky plodiv *Fraxinus excelsior* L. ta yoho dekoratyvnykh form [Biometric indicators of *Fraxinus excelsior* L. fruits and its ornamental forms]. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of the NLTU of Ukraine]. no. 27(3), pp. 22–24. DOI: 10.15421/40270303.

6. Kollas, C., Körner, C., Randin, C.F. (2014). Spring frost and growing season length co-control the cold range limits of broad-leaved trees. J. Biogeogr. Vol. 41, pp. 773–783. DOI: 10.1111/jbi.12238.

7. Leuschner, C., Ellenberg, H. (2017). Ecology of central European forests. Vegetation ecology of central Europe. Vol. I, 972 p.

8. Mitchell, R.J., Beaton, J.K., Bellamy, P.E., Broome, A., Chetcuti, J., Eaton, S. (2014). Ash dieback in the UK: A review of the ecological and conservation implications and potential management

options. Biol. Conserv. Vol. 175, pp. 95–109. DOI: 10.1016/j.biocon.2014.04.019.

9. Littlewood, N.A., Nau, B.S., Pozsgai, G., Stockan, J.A., Stubbs, A., Young, M.R. (2015). Invertebrate species at risk from ash dieback in the UK. J. Insect Conserv. Vol. 19, pp. 75–85. DOI: 10.1007/s10841-014-9745-2.

10. Clark, J.R. (2013). Adaptation of ash (*Fraxinus excelsior* L.) to climate change. Bangor, UK, Bangor University, 236 p.

11. Thomas, P. (2016). Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. Journal of Ecology. Vol. 104(4), pp. 1158–1209. DOI: 10.1111/1365-2745.12566.

12. Beck, P., Caudullo, G., Tinner, W., Rigo, D. (2016). *Fraxinus excelsior* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. European Atlas of Forest Tree Species. pp. 98–99. DOI: 10.7892/boris.80792.

13. Saumitou-Laprade, P., Vernet, P., Dow-
kiw, A., Bertrand, S., Billiard, S., Beatrice, A., Gouyon, P.-H., Dufay, M. (2018). Polygamy or subdioecy? The impact of diallelic self-incompatibility on the sexual system in *Fraxinus excelsior* (*Oleaceae*). Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. Vol. 285(1873). DOI: 10.1098/rspb.2018.0004.

14. Bussmann, R.W., Paniagua-Zambrana, N.Y., Sikharulidze, S., Kikvidze, Z., Kikodze, D., Tcheli-
dze, D., Khutsishvili, M., Batsatsashvili, K., Hart, R.E. (2019). *Fraxinus excelsior* L. *OLEACEAE*. Ethnobotany of the Mountain Regions of Far Eastern Europe. Ethnobotany of Mountain Regions. pp. 1–5. DOI: 10.1007/978-3-319-77088-8_62-2.

15. Eisen, A.K., Semizer-Cuming, D., Jochner-
Oette, S., Fussi, B. (2023). Pollination success of *Fraxinus excelsior* L. in the context of ash dieback. Annals of Forest Science. Vol. 80(22). DOI: 10.1186/s13595-023-01189-5.

16. Latorre, F., Bianchi, M. (1998). Relationships between flowering development of *Ulmus pumila* and *Fraxinus excelsior* and their airborne pollen. Grana. Vol. 37(4), pp. 233–238. DOI: 10.1080/00173139809362672.

17. Rubtsov, L.I. (1977). Dereva ta chaharnyky v landshaftniy arkhitekturi [Trees and shrubs in landscape architecture]. Kyiv, Scientific thought, 272 p.

18. Tereshchenko, S.I. (2002). Introduktsiya vydivu rodu *Fraxinus* L. u Donetsk'komu botanichnomu sadu NAN Ukrainy [Introduction of species of the genus *Fraxinus* L. in Donetsk Botanical Garden of NAS of Ukraine]. Promyslova botanika [Industrial botany]. no. 2, pp. 102–109.

19. P'yatnyts'kyi, S.S. (1940). Dovhovichnist' i vidmyrannya derevnykh porid u stepovykh umovakh u svitli teoriiy stadiynoho rozvytku Roslyn [Durability and extinction of tree species in steppe conditions in the light of the theory stage development of plants]. Zbiryk robot iz polezakhysnoho lisorozvedennya [Collection of works on field protection afforestation]. pp. 113–158.

20. Hordienko, M.I., Hoychuk, A.F., Hordien-
ko, N.M., Leontyuk, G.P. (1996). Yaseniy v Ukraini [Ash trees in Ukraine]. Kyiv, Agricultural education, 391 p.

21. Bayura, A., Shlapak, V., Ostapchuk, A., Ischuk, G. (2018). Features of the phenological time series of Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and its ornamental forms in the forest-steppe zone of Right-Bank Ukraine. *Forestry Ideas*. Vol. 24, no. 1(55), pp. 73–84.

22. Binggeli, P., Power, J. (1991). Gender variation in ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Miscellaneous Notes and Reports in Natural History. Ecology, Conservation and Resources Management*. pp. 1–4.

23. Wardle, P. (1961). Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior* L. *Journal of Ecology*. Vol. 49(3), pp. 739–751.

24. Grażyna, B. (2011). Reproductive biology and population genetics of Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Goteborg*, 38 p.

25. Per-Göran, Tapper (1996). Irregular fruiting in *Fraxinus excelsior*. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 3(1), pp. 41–46. DOI:10.2307/3235996.

26. Albert, B., Morand-Prieur, M.E., Brachet, S., Gouyon, P.H., Frascaria-Lacoste, N., Raquin, C. (2013). Sex expression and reproductive biology in a tree species, *Fraxinus excelsior* L. Vol. 336(10), pp. 479–485. DOI:10.1016/j.crv.2013.08.004.

27. Hudson, I., Keatley, M. (2010). Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. Dordrecht. DOI:10.1007/978-90-481-3335-2.

28. Meier, U. (2018). Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph. Quedlinburg. 204 p. DOI: 10.5073/20180906-074619

29. Drabynyuk, H.V. (2016). Metodichni rekomendatsiyi shchodo vedennya fenolohichnykh sposterezhen' za roslynamy na terytoriyi pryrodno-zapovidnoho fondu [Methodological recommendations for conducting phenological observations of plants on the territory of the nature reserve fund.]. RLP "Pryingulsky", 7 p.

30. Wallander, E. (2001). Evolution of wind pollination in *Fraxinus* (*Oleaceae*): an ecophylogenetic approach: dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Systematic Botany. Göteborg University, Sweden, 127 p.

Features of flowering and fruiting of *Fraxinus excelsior* L. in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Bayura O., Vitenko V., Koval S., Maslovata S., Ishchuk H., Ishchuk L.

The study of the growth and development features of the generative organs of *Fraxinus excelsior* L. in the parklands of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine has not been carried out, therefore, their study is relevant. To solve this scientific problem, the peculiarities of flowering and fruiting of common ash were studied in the plantings of the National Dendrological Park "Sofiyivka" of the National Academy of Sciences of Ukraine and on the territory of the Uman National University of Horticulture. Based on the research, the periods and duration of swelling of the buds and bud bursting, budding, flowering, fruit setting, ripening and their falling, the frequency of fruiting of *F. excelsior* trees were established. It was found that bud swelling begins in the first and second ten-day periods of April (04.04–13.04) and continues for 7–9 days. Buds swelling begins mainly in the second decade of April (14.04–20.04) and lasts 5–6 days. Budding occurs at the end of the 1st or at the beginning of the 3rd decade of April (15.04–24.04). Flowering begins in the 3rd decade of April (20.04–29.04) and ends at the end of the 3rd decade of April or at the beginning of the 1st decade of May (28.04–03.05). The flowering period lasts 6–9 days. Fruit setting in all plants begins in the 1st decade of May. Unripe fruits reach ripe size in the 1st decade of June, and their ripening is completed in the last days of the 3rd decade of August and at the beginning of the 1st decade of September. On the same tree, seeds do not ripening at the same time. The ripening period extends for a month, and sometimes longer. Fruits begin to fall in early July (unfulfilled and damaged), and the bulk falls on the snow in winter. It should also be noted that some of the winged fruits remain on the tree during the next summer, and sometimes until the end of autumn. Duration of fruit development to the ripening phase in *F. excelsior* is 85–89 days. *F. excelsior* trees bear fruits annually, but abundant harvests are observed with a periodicity of 1–3 years. On average, 72–143 pcs fruits per 1 m² fall on the earth's surface.

Key words: common ash, bud, flowering, inflorescence, fruits, fruiting.



Copyright: Баюра О.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:

Баюра О.М.
Вітенко В.А.
Коваль С.А.
Масловата С.А.
Ішук Г.П.
Ішук Л.П.

<https://orcid.org/0000-0003-1679-5840>
<https://orcid.org/0000-0001-5762-9238>
<https://orcid.org/0000-0002-5897-9376>
<https://orcid.org/0000-0002-5725-0604>
<https://orcid.org/0000-0002-4969-0933>
<https://orcid.org/0000-0003-2150-0672>

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*15:005.342

**Інноваційні підходи до відновлення популяцій
мисливських тварин у лісових екосистемах: огляд**Левандовська С.М. , Хрик В.М. , Ситник О.С. *Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: svtmzel@gmail.com



Левандовська С.М., Хрик В.М., Ситник О.С.
Інноваційні підходи до відновлення популяцій мисливських тварин у лісових екосистемах: огляд. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 322–330.

Levandovska S., Khryk V., Sytnyk O. Innovative approaches to the restoration of game animals populations in forest ecosystems: overview. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 322–330.

Рукопис отримано: 25.03.2025 р.

Прийнято: 09.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-322-330

В умовах глобальної динаміки клімату та інтенсифікації антропогенного навантаження на довкілля неминучими стають суттєві зміни у тваринному світі. Масштабна хімізація процесів догляду в лісовому та сільському господарстві, практика розорювання прируслових угідь, скорочення площ природних лук негативно впливає на процеси розмноження та розвитку більшості мисливських тварин. Характерними для різних регіонів України на сьогодні є тенденції суттєвого звуження їх природних біотопів.

Метою дослідження є аналіз сучасних напрямів відновлення популяцій мисливських тварин та підвищення їх продуктивності у лісових екосистемах. Методологія складена аналітично-синтетичними методами, систематизацією та абстракцією, порівнянням, узагальненням, що дало змогу визначити причинно-наслідкові зв'язки, детермінуючі чинники та передумови. Теоретико-методологічна основа дослідження формувалась із актуальних першоджерел із видань, що індексуються у провідних базах даних (Scopus, Web of Science). Критеріями включення та виключення публікацій слугував просторово-часовий індикатор та рівень достовірності інформації.

У дослідженні з'ясовано, що мисливські угіддя України, порівняно з угіддями розвинених європейських країн, характеризуються невисокою продуктивністю. Аналіз офіційних статистичних даних переконливо свідчить про низьку ефективність ведення мисливського господарства в різних регіонах. Визначено, що незважаючи на регульовані невеликі обсяги добування основних мисливських тварин, чисельність їх популяцій не зростає, а окремих видів – подекуди навіть зменшується. Проаналізовано основні інноваційні підходи до відновлення популяцій мисливських тварин у лісових екосистемах, зокрема – максимальне скорочення втрат тварин за проведення ефективних охоронних, біотехнічних та ветеринарних заходів; відбір малопродуктивних, менш життєздатних і схильних до еміграції особин молодших вікових груп; елімінація старих тварин; формування високопродуктивних популяцій завдяки утриманню оптимальної кількості середньовікових груп; селективний відстріл серед інших вікових груп. Визначено роль у цьому процесі раціональної організації ведення лісомисливського господарства та ключові завдання перспективного розвитку лісомисливського господарства.

Ключові слова: відновлення популяцій, оптимальна чисельність, стратегія управління, норми добування, мисливські угіддя, антропогенне навантаження, селекційний відстріл, лісові екосистеми.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Мисливські тварини у середовищі природного розвитку безперервно зазнають прямого чи опосередкованого впливу різноманітних чинників – біотичних, абіотичних і антропогенних, котрі детермінують стан популяцій, змінюючи показники плідності, чисельності, міграції та сезонних переміщень, рівня захворюваності мисливських тварин. Антропогенний тиск на лісові екосистеми знаходить практичне вираження у трансформації основних абіотичних чинників, першочергово – кліматичних.

Тенденції щодо суттєвого зменшення природних біотопів для мисливських тварин є характерними для всіх регіонів України, що зазначено в численних публікаціях сучасних дослідників. Зокрема, проблематика аналізується в наступних наукових напрацюваннях: В. Лисенко, Ю. Недовізі [1]; І. Зима та ін. [2]; В. Власюк [3]; І. Шейгас [4]; А. Павленко та ін. [5]; Y. Muraviov [6]; Е. Різун [7].

Водночас глобальні аспекти управління популяціями мисливських видів висвітлені у роботах К. Tajchman та ін. [8]; К. Fukasawa та ін. [9]. Специфіка трансформації сучасних лісових екосистем та її вплив на мисливську фауну досліджуються в роботах А. Gée та ін. [10]; R. Hames [11]; Y. Kawata [12]. Учені запевняють, що антропогенний вплив на довкілля слугує причиною стресового стану в мисливських тварин, що зумовлює суттєві фізіологічні зміни. Інноваційні підходи до відновлення популяцій, на переконання Т. Gallo, L. Pejchar [13]; J. Lewis та ін. [14]; J. Eikelboom та ін. [15], мають передбачати створення генетичних банків, відновлення зниклих та створення нових популяцій, реінтродукцію, підтримання чисельності наявних популяцій.

Аналіз останніх публікацій свідчить про апгрейд підходів до збереження популяцій мисливських видів диких тварин у сучасному середовищі лісових екосистем, водночас практичні можливості раціональної організації ведення лісомисливського господарства потребують розширеної аналітики. Невирішеними залишаються питання підвищення ефективності охоронних, біотехнічних та ветеринарних заходів із метою формування високопродуктивних популяцій мисливських тварин.

Мета дослідження полягала в аналізі сучасних напрямів відновлення популяцій мисливських тварин та підвищення їх продуктивності у лісових екосистемах.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження зосереджене на механізмах підтримки розвитку популяцій диких видів, що становлять мисливську цінність в лісомисливському господарстві. Особлива увага приділена не-

обхідності інтеграції міжнародних стандартів, вдосконаленню системи підтримки стану лісових екосистем та інтеграції можливостей сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для ефективного моніторингу стану популяцій.

У статті реалізовано комплексний аналіз публікацій, наукових статей, галузевої статистичної інформації. Першочергово, були обрані актуальні першоджерела із видань, що індексуються у провідних базах даних (Scopus, Web of Science). Критеріями включення та виключення публікацій слугували просторово-часовий індикатор та рівень достовірності інформації. Роботи, що використовували, здебільшого, були опубліковані у часовому інтервалі 2020–2025 рр. Для пошуку були використані ключові слова «відновлення популяцій, оптимальна чисельність, стратегія управління, норми добування, мисливські угіддя, антропогенне навантаження, селекційний відстріл, лісові екосистеми».

Методологія була складена аналітично-синтетичними методами, порівнянням, узагальненням, систематизацією та абстракцією, з метою ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків, визначення основних критеріїв і дефініцій, детермінуючих чинників та передумов. Обмеження дослідження зумовлені відсутністю доступу до повних і актуальних статистичних даних та складністю експериментальної перевірки теоретичних висновків.

Результати дослідження та обговорення. Одним із репрезентативних індикаторів ефективності ведення мисливського господарства є кількість добутої дичини. У розрізі країн європейського регіону порівняльний аналіз доцільно проводити за 2021 рік, коли мисливське господарство в Україні відносно стабільно функцінувало. Порівняння результатів ведення мисливського господарства із найпопулярніших видів мисливських тварин наведено на рисунках 1 і 2.

Основою інноваційного розвитку мисливської галузі Європи є ефективне нормативно-правове забезпечення, науковий підхід та наявність фахівців, а також цільова державна політика. Аналізуючи статистичні дані, наведені на рис. 1, 2, можна стверджувати, що наявність значного мисливського потенціалу в Україні потребує апгрейду підходів до ведення мисливського господарства. Зокрема, потенційні можливості мисливства в Україні за німецькими стандартами дозволили б збільшити показники добування оленя лісового у тридцять разів, а свині дикої – мінімум до 1 млн голів на рік. Очевидно, що першочергових змін потребують підходи до відновлення популяцій [5].

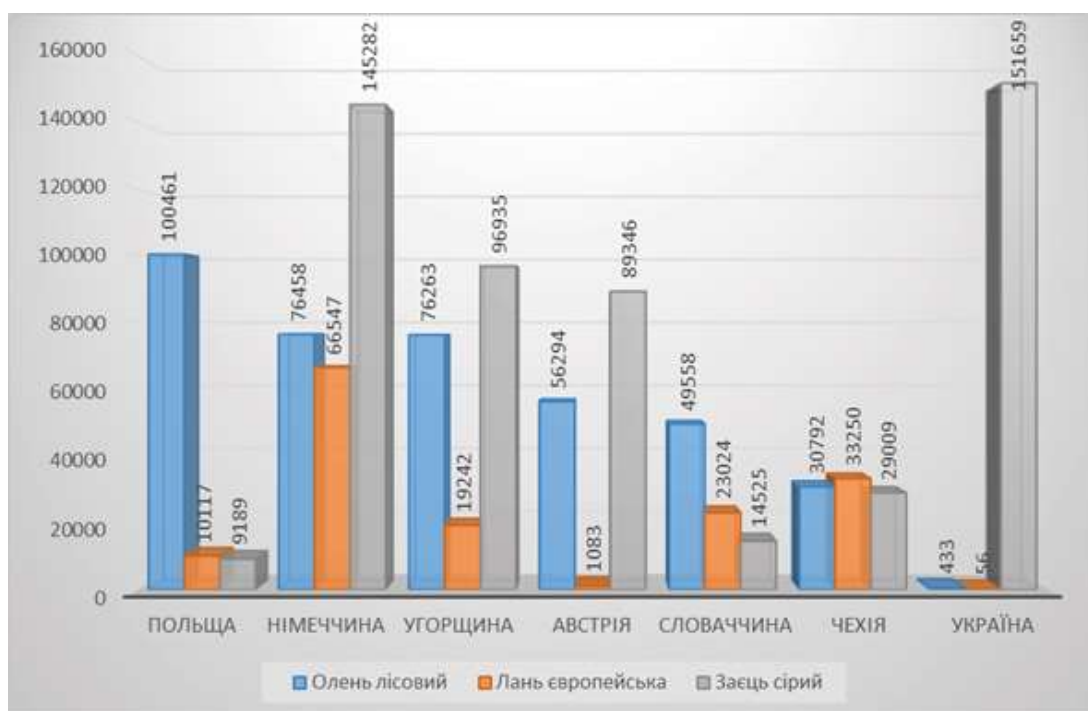


Рис. 1. Мисливське добування окремих видів мисливських тварин у розрізі європейських країн, особин [16].

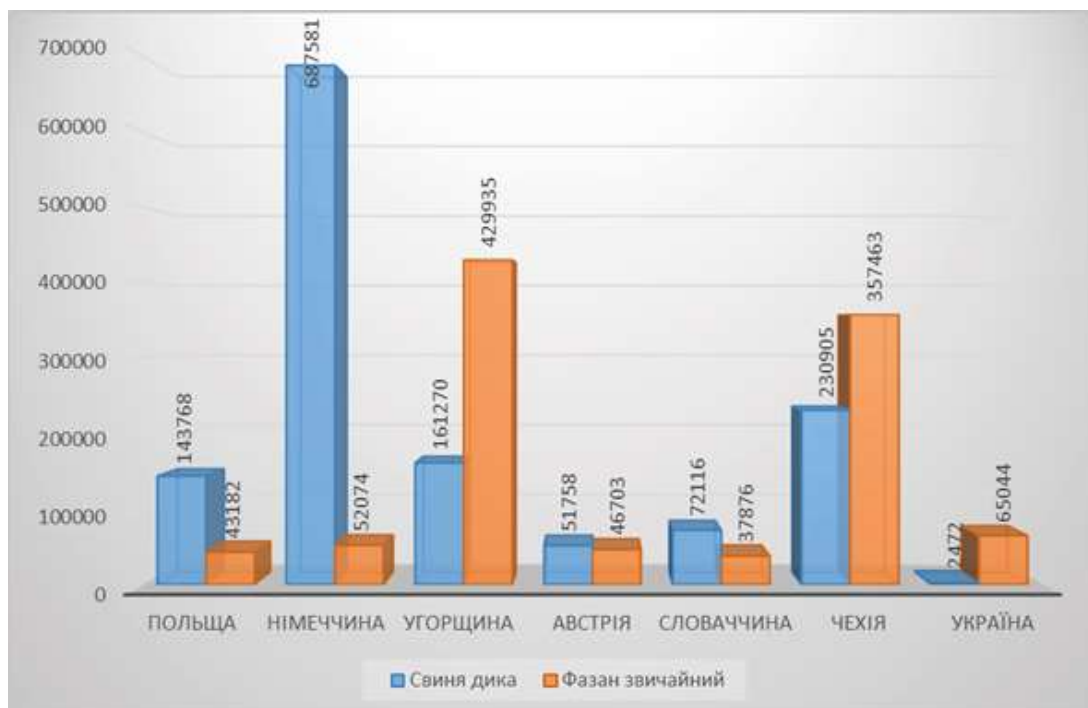


Рис. 2. Мисливське добування свині дикої та фазана звичайного у розрізі європейських країн, особин [16].

За попередніми оцінками, через війну в Україні поточні втрати тваринного світу в контексті видів, віднесених до мисливських ресурсів, в окремих регіонах сягають 40 %, що нараховує до 270 тис. хутрових звірів, 25 тис. голів крупних копитних, більше 2 млн птахів. Це спричиняє екологічні процеси порушення природного відтворення, а подекуди – повного зникнення місцевих популяцій мисливських тварин [17]. Зазначене потребує формування ефективної стратегії їх відновлення та подальшого управління.

Стратегія відновлення популяцій мисливських тварин у лісових екосистемах має містити основні елементи, зокрема:

- мінімізацію втрат мисливських тварин від хижаків, захворювань, браконьєрства, транспорту за допомогою реалізації системи дієвих ветеринарних, охоронних та біотехнічних заходів;
- формування високопродуктивних популяцій за посередництва утримання оптимальної чисельності середньовікових груп;
- селекцію малопродуктивних та схильних до еміграції особин молодших вікових груп;
- елімінацію старих особин;
- селективний відстріл [8].

У випадку низької чисельності тварин у популяції основною стратегією відновлення є оперативне нарощування кількісних показників до оптимального рівня, а також подальше довготривале підтримання щільності популяції на необхідному рівні [6]. Водночас мають забезпечуватись максимальна біологічна продуктивність та відсутність ознак деградації тварин, а також шкода сільському і лісовому господарствам не має перевищувати допустимих меж.

У разі потреби збільшення ресурсів популяції доцільними є заходи щодо різкого скорочення немисливських втрат, заборони проведення полювання аж до досягнення необхідного рівня промислової щільності для кожного виду тварин у визначеній локації чи у конкретному мисливському господарстві. Ефективним є також забезпечення ощадного режиму експлуатації лісових екосистем, що передбачає встановлення граничної мінімізації термінів та обсягу мисливського добування, заборону чи зменшення допустимої величини добування дорослих особин, заборона використання загінних видів полювання тощо [10]. Такі заходи дозволяють досягнути показників оптимальної щільності популяції.

У випадку, якщо щільність популяції перевищує оптимальну, необхідними варіативними заходами вважаються: збільшення об-

сягу мисливського добування; подовження термінів проведення полювання; підвищення норм добування дорослих самців та самок; підвищення показників чисельності великих хижаків; застосування загінних методів полювання [4].

За проведення зазначених вище заходів у межах інноваційних стратегій відновлення популяцій ключовими помилками фіксуються значні перевищення норми мисливського добування тварин та зміщення допустимих показників промислового навантаження на чоловічих та жіночих дорослих особин. Це зумовлює суттєве омолодження популяції та відповідне зниження рівня її відтворюваності [11]. Наприклад, добування дорослої самиці оленя, лося чи козулі спричиняє знищення й одного-двох ембріонів та стількох же цього-річок, котрі не зможуть вижити без матері. У разі відстрілу дорослої самиці кабана втрачається одразу до десяти-п'ятнадцяти особин, з яких – власне самиця, до семи майбутніх поросят та близько стільки ж цього-річок.

Проблемою є те, що тривалий вибірковий відстріл найбільших особин позиціонується ключовою причиною біологічної деградації численних популяцій. Детермінуючими ознаками надлишкової експлуатації популяцій слугують зменшення показників продуктивності та виживання тварин, зменшення відносної ефективності промислу, зниження кількості вагітних самок, неспроможність популяції швидко регенеруватись після припинення промислу [14].

Із метою ефективного управління популяціями диких мисливських тварин необхідно володіти об'ємною інформацією не лише щодо щільності та чисельності, а також щодо оптимальних параметрів розвитку та допустимого рівня експлуатаційного навантаження. Зокрема, кожна популяція володіє певними показниками оптимумів, що детермінуються низкою чинників впливу та забезпечують максимальну біологічну продуктивність популяції [7]. Визначення цієї оптимальної чисельності є доволі складним багатофакторним процесом. Оптимальним способом на сьогодні позиціонується вирахування чисельності на основі інформації щодо бонітету та зимової кормової ємності угідь, з урахуванням обсягу заготовлених кормів. Очевидно, що оптимальну чисельність мисливських тварин в популяції доцільно визначати на основі емпіричного досвіду, з урахуванням тенденцій динаміки угруповань, середнього класу бонітету та фактичного стану довкілля розвитку популяції [15].

Сучасні підходи до відновлення популяцій диких мисливських видів передбачають, що зимова чисельність має бути мінімально необхідною, зважаючи на економічні можливості мисливських господарств. Водночас, поголів'я повинне мати максимальний відтворювальний потенціал. На зимовий період, у зв'язку з цим, необхідно залишати, переважно, репродуктивне ядро - великих самців-плідників та дорослих вагітних самок. У разі виникнення необхідності підвищення показників поголів'я, співвідношення статей має сягати 1:2 чи 1:3 на користь самок. І навпаки, у разі потреби скорочення чи стабілізації – 1:1 [2].

Очевидно, що чим більшою є частка середньовікових самок у межах угруповання, тим вищою є продуктивність популяції. Доцільність стратегії диференційованого підходу до формування зимового стада за принципом вікової градації звірів обґрунтовується, окрім того, низкою додаткових причин. Зокрема, не вбачається за доцільне годувати взимку всіх цьогорічок, адже певна їх частина загине до весни за будь-яких умов у результаті природного відбору (нестача їжі, легкодоступність для великих хижаків, весняна еміграція з локації народження) [6].

Програми відновлення популяцій мисливських тварин, загалом, мають базуватись на наступних передумовах:

- розмір популяцій має бути комплексно-тарний місцевим природним умовам, із врахуванням динаміки навколишнього середовища;
- необхідним є забезпечення свободи реалізації природного відбору з метою збереження природної генетичної різноманітності;
- продуктивність популяції має зазнавати комплексної оптимізації;
- зростання чисельності, якісний склад і пристосовність популяцій мають прогнозуватись у контексті довготривалого виміру.

Аналіз інноваційних підходів до відновлення популяцій мисливських тварин у лісових екосистемах дозволяє резюмувати наступне:

1) метод регульованого відстрілу дозволяє управляти природним біогеоценотичним розвитком популяції, забезпечуючи оптимальну продуктивність, добування максимальної кількості тварин, швидке скорочення чи зростання чисельності особин;

2) досягнення оптимальної продуктивності забезпечується, здебільшого, повною або частковою охороною самок;

3) із метою отримання максимального врожаю (м'ясної продукції) рівень популяції підтримується відповідно до кормової ємності угідь;

4) за високої інтенсивності промислу відтворювальні процеси в популяції перебігають більш активно, а коливання чисельності стають менш помітні;

5) присутність у популяції різноманітних груп тварин підвищує її екологічну та біологічну стійкість, створює її екологічний резерв;

6) надмірна експлуатація ядра популяції призводитиме до зниження темпів відтворення популяції і її ослаблення, внаслідок того, що в процес спаровування вступають молоді – недостатньо зрілі, а також старі особини.

Доцільною є інтеграція до лісомисливського господарства сучасних геоінформаційних систем загальнодержавного значення, яка асимілювала б інформацію про характеристику угідь, динаміку антропогенного навантаження, показники щільності та чисельності популяцій, процес добування мисливських тварин. Особливої значущості, також, набувають можливості застосування інноваційних безпілотних літальних апаратів, тепловізорів, фотопасток, що сприяють ефективному управлінню популяціями, боротьбі з браконьєрством, підтримці природної рівноваги лісових екосистем [18].

Інноваційним підходом до відновлення популяцій диких тварин наразі позиціонується ревайлдинг (rewilding), що набуває популярності у розвинених країнах Європи. Принцип ревайлдингу полягає в тому, що якщо віддати справу до рук природи, вона здатна вирішити свої проблеми самотужки [19]. Дослідники усвідомлюють, що єдино правильним підходом до регенерації екосистеми є системна концепція. Спершу детермінуються основні чинники існування біоценозів, прикладаються зусилля для відновлення їх до природного стану та збалансування. В ідеалі, мають бути створені умови, за яких хижаки та великі травоядні тварини перебувають у взаємодії, а їх популяції регулюються не людиною, а одні одними [20].

Ревайлдинг, власне, означає надання повної свободи розвитку природних процесів та подальше спостереження за динамікою. Доцільною вбачається базова технічна допомога: сприяння природній регенерації лісових екосистем, припинення активного управління популяціями видів дикої природи, повторне заселення видів, що зникли через надмірне антропогенне навантаження [21].

Максимальну успішність підхід ревайлдингу демонструє на масштабних територіях. У Європі проєкт Rewilding Europe реалізовується у Західній Іберії (Португалія), дельті р. Одр (Польща, Німеччина), у Лапландії (Скандинавія), Центральних Апеннінах (Італія), дельті Дунаю (Молдова, Україна, Румунія), гірському масиві Велебит (Хорватія) [22]. Зокрема, у межах проєкту ревайлдингу у Центральних Апеннінах було створено екокоридори для диких видів, що дозволило відновити популяції місцевих апеннінських бурих ведмедів. Прикладом підходу ревайлдингу є, також, Єллоустонський національний парк, де заселення вовка створило каскадний ефект: одразу після відновлення популяції вовка до екосистеми повернулися бобри, що сформували заплави, де активізувався нерест риби, що приваблює популяції інших тварин [23].

Підхід ревайлдингу демонструє нові тенденції мінімізації втручання у розвиток екосистем. Реалізація низки завдань щодо охорони біотичних систем детермінується не лише науково-технічним охоронним потенціалом, а також соціально-економічною підтримкою. Регулювання популяцій може бути ефективним лише у разі ведення бази багаторічних даних про динаміку ключових параметрів популяцій, прояв антропогенного впливу, що можливо за умов організації довготривалого моніторингу як комплексу тривалих спостережень за окремими системними параметрами, взаємопов'язаними між собою.

Висновки. Наразі спостерігається тенденція інтенсифікації антропогенного впливу на природні угіддя та, як наслідок, на популяції мисливських тварин. Це актуалізує необхідність раціональної організації ведення мисливського господарства та інтеграції науково обґрунтованих підходів до управління популяціями. Наявні показники мисливського добування залишаються суттєво нижчими за європейські, що необхідно враховувати в пріоритетних стратегіях розвитку лісомисливського господарства регіону.

Інноваційні підходи до відновлення популяцій мисливських тварин у лісових екосистемах передбачають формування високопродуктивних популяцій завдяки утриманню оптимальної кількості середньовікових груп; максимальне скорочення втрат тварин за проведення ефективних охоронних, біотехнічних та ветеринарних заходів; елімінацію старих тварин; відбір малопродуктивних, менш життєздатних і схильних до еміграції особин молодших вікових груп; селективний відстріл серед інших вікових груп. Водночас,

розмір популяцій має бути комплементарний місцевим природним умовам, із врахуванням динаміки навколишнього середовища, забезпечувати свободу реалізації природного відбору та збереження природної генетичної різноманітності, а зростання чисельності, якісний склад і пристосовність популяцій мають прогнозуватись у контексті довготривалого виміру.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисенко В.І., Недовізіт Ю.Ю. Динаміка ареалу кабана в Україні та можливості управління його чисельністю. In The 11th International scientific and practical conference «Eurasian scientific congress». Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2020. 42 p. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/11477/1/EURASIAN-SCIENTIFIC-CONGRESS_1-3.11.20.pdf#page=42
2. Зима І.С., Галанін Д.С., Старцев О.О. Шляхи удосконалення процесів управління популяціями хутрових звірів. Галузі лісового господарства: матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. конф. до 205-річчя з дня народження В.Є. фон Граффа. Малин, 2024. 85 с.
3. Власюк В.П. Особливості планування чисельності основних видів мисливських тварин. Міждисциплінарні наукові дослідження: особливості та тенденції. 2020. С. 18–19.
4. Шейгас І.М. Характеристика дії лімітуючих факторів на стан мисливського ресурсу України. *Theriologia Ukrainica*. 2021. Вип. 21. С. 141–151.
5. Павленко А.В., Лісовий М.М., Чайка В.М. Реакція популяцій хижих тварин на природоохоронні заходи. *Агроекологічний журнал*. 2016. Вип. 3. С. 19–23. DOI: 10.33730/2077-4893.3.2016.248858
6. Muraviov Y.V. Ресурси мисливських тварин як передумова становлення еколого-економічного розвитку мисливського господарства. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2019. Вип. 29(4). С. 86–88. DOI: 10.15421/40290418
7. Різун Е. Облік мисливських звірів у мисливських угіддях (огляд методик). *Novitates Theriologicae*. 2017. Parts 10. P. 121–132. URL: <http://therioshkola.org.ua/library/nt10-fieldstudy/nt1017-rizun-huntcensus.pdf>
8. Sustainable game management as one of the determinants of the welfare of hunting animals / K. Tajchman et al. *Journal of Animal Science, Biology and Bioeconomy*. 2018. Vol. 36(1). P. 19–30. DOI: 10.24326/jasbbx.2018.1.2
9. Fukasawa K., Osada Y., Iijima H. Is harvest size a valid indirect measure of abundance for evaluating the population size of game animals using harvest based estimation? *Wildlife Biology*. 2020. Vol. 4. P. 1–7. DOI: 10.2981/wlb.00708
10. Gée A., Sarasa M., Pays O. Long-term variation of demographic parameters in four small game species in Europe: opportunities and limits to test for a global pattern. *Animal Biodiversity*

and Conservation. 2018. Vol. 41(1). P. 33–60. DOI: 10.32800/abc.2018.41.0033.

11. Hames R. Game conservation or efficient hunting? In *Evolutionary perspectives on environmental problems*. Routledge, 2017. P. 54–66. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203792650-4/game-conservation-efficient-hunting-raymond-hames>

12. Kawata Y. Possibility of improvement in game animal utilization. *Int. J. Adv. Agric. Environ. Eng.* 2016. Vol. 3. P. 40–46. URL: https://web.archive.org/web/20180602034540id_/http://iicbe.org/upload/3000ER0116011.pdf

13. Gallo T., Pejchar L. Improving habitat for game animals has mixed consequences for biodiversity conservation. *Biological Conservation*. 2016. Vol. 197. P. 47–52. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.02.032

14. Human activity influences wildlife populations and activity patterns: implications for spatial and temporal refuges / J.S. Lewis et al. *Ecosphere*. 2021. Vol. 12(5). DOI: 10.1002/ecs2.3487

15. Improving the precision and accuracy of animal population estimates with aerial image object detection / J.A. Eikelboom et al. *Methods in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 10(11). P. 1875–1887. DOI: 10.1111/2041-210X.13277

16. Потенціал мисливського господарства України. Порівняння обсягів добування дичини в Європі. Всеукраїнська асоціація мисливців та користувачів мисливських угідь. 2024. URL: <https://www.uahhg.org.ua/potencial-mislivskogo-gospodarstva-ukra%D1%97ni-porivnyannya-obsyagiv-dobuvannya-dichini-v-yevropi/>

17. Новицький В. Україна мисливська: підсумки 2023 року. Всеукраїнська асоціація мисливців та користувачів мисливських угідь. 2023. URL: <https://www.uahhg.org.ua/ukra%D1%97na-mislivska-pidsumki-2023-roku/>

18. Robinson J.M., Harrison P.A., Mavoa S., Breed M.F. Existing and emerging uses of drones in restoration ecology. *Methods in Ecology and Evolution*. 2022. Vol. 13(9). P. 1899–1911. DOI: 10.1111/2041-210X.13912

19. Guiding principles for rewilding / S. Carver et al. *Conservation Biology*. 2021. Vol. 35(6). P. 1882–1893. DOI: 10.1111/cobi.13730

20. Holmes G., Marriott K., Briggs C., Wynne-Jones S. What is rewilding, how should it be done, and why? A Q-method study of the views held by European rewilding advocates. *Conservation and Society*. 2020. Vol. 18(2). P. 77–88. DOI: 10.4103/cs.cs_19_14

21. Ecological restoration and rewilding: two approaches with complementary goals? / C. Mutillod et al. *Biological Reviews*. 2024. Vol. 99 (3). P. 820–836. DOI: 10.1111/brv.13046

22. Rewilding and restoring nature in a changing world / B.N. Egoh et al. *PloS one*. 2021. Vol. 16 (7). DOI: 10.1371/journal.pone.0254249

23. Johansson M., Flykt A., Frank J., Hartig T. Wildlife and the restorative potential of natural settings. *Journal of Environmental Psychology*. 2024. Vol. 94. DOI: 10.1016/j.jenvp.2024.102233

REFERENCES

1. Lysenko, V.I., Nedovizii, Yu.Yu. (2020). *Dynamika arealu kabana v Ukraini ta mozhlyvosti upravlinnia yoho chyselnosti* [Dynamics of the Kaban range in Ukraine and the possibility of managing its number]. In *The 11th International scientific and practical conference «Eurasian scientific congress»*. Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. Available at: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/11477/1/EURASIAN-SCIENTIFIC-CONGRESS_1-3.11.20.pdf#page=42

2. Zyma, I.S., Halanin, D.S., Startsev, O.O. (2024). *Shliakhy udoskonalennia protsesiv upravlinnia populiatsiiamy khutrovykh zviriv* [Ways to improve the processes of management of populations of fur animals]. *Haluzy lisovoho hospodarstva: zbirnyk materialiv II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii do 205-richchia z dnia narodzhennia V.Ie. fon Hraffa* [Forestry branches: Collection of materials of the II All-Ukrainian Scientific and Practical Conference to the 205th anniversary of the birth of the V.E. von Graff]. Malyn, 85 p.

3. Vlasuk, V.P. (2020). *Osoblyvosti planuvannia chyselnosti osnovnykh vydiv myslyvskykh tvaryn* [Features of planning the number of basic species of hunting animals]. *Mizhdystsyplinarni naukovy doslidzhennia: osoblyvosti ta tendentsii* [Interdisciplinary research: features and trends]. pp. 18–19.

4. Sheihas, I.M. (2021). *Kharakterystyka dii limituiuchykh faktoriv na stan myslyvskoho resursu Ukrainy* [Characteristics of the action of limiting factors on the state of the hunting resource of Ukraine]. *Therologia Ukrainica*. Issue 21, pp. 141–151.

5. Pavlenko, A.V., Lisovyi, M.M., Chaika, V.M. (2016). *Reaktsiia populiatsii khyzhkykh tvaryn na pryrodokhoronni zakhody* [Response of predatory animal populations to conservation measures]. *Ahroekolohichniy zhurnal* [Agroecological journal]. Issue 3, pp. 19–23. DOI: 10.33730/2077-4893.3.2016.248858

6. Muraviov, Y.V. (2019). *Resursy myslyvskykh tvaryn yak peredumova stanovlennia ekoloho-ekonomichnoho rozvytku myslyvskoho hospodarstva* [Resources of hunting animals as a prerequisite for the formation of ecological and economic development of hunting]. *Scientific Bulletin of UNFU*. Issue 29(4), pp. 86–88. DOI: 10.15421/40290418

7. Rizun, E. (2017). *Oblik myslyvskykh zviriv u myslyvskykh uhiddiakh (ohliad metodykh)* [Accounting for game animals in hunting grounds (review of methods)]. *Novitates Theriologicae*. Parts 10, pp. 121–132. Available at: <http://terioshkola.org.ua/library/nt10-fieldstudy/nt1017-rizun-huntcensus.pdf>

8. Tajchman, K., Czyzowski, P., Drozd, L., Karpinski, M., Wojtas, J. (2018). Sustainable game management as one of the determinants of the welfare of hunting animals. *Journal of Animal Science, Biology and Bioeconomy*. Issue 36 (1), pp. 19–30. DOI: 10.24326/jasbbx.2018.1.2

9. Fukasawa, K., Osada, Y., Iijima, H. (2020). Is harvest size a valid indirect measure of abundance for evaluating the population size of game animals using

harvest based estimation? *Wildlife Biology*. Issue 4, pp. 1–7. DOI: 10.2981/wlb.00708

10. Gée, A., Sarasa, M., Pays, O. (2018). Long-term variation of demographic parameters in four small game species in Europe: opportunities and limits to test for a global pattern. *Animal Biodiversity and Conservation*. Issue 41(1), pp. 33–60. DOI: 10.32800/abc.2018.41.0033.

11. Hames, R. (2017). Game conservation or efficient hunting?. In *Evolutionary perspectives on environmental problems*. Routledge, pp. 54–66. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203792650-4/game-conservation-efficient-hunting-raymond-hames>

12. Kawata, Y. (2016). Possibility of improvement in game animal utilization. *Int. J. Adv. Agric. Environ. Eng.* Issue 3, pp. 40–46. Available at: https://web.archive.org/web/20180602034540id_/http://iic-be.org/upload/3000ER0116011.pdf

13. Gallo, T., Pejchar, L. (2016). Improving habitat for game animals has mixed consequences for biodiversity conservation. *Biological Conservation*. Issue 197, pp. 47–52. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.02.032

14. Lewis, J.S., Spaulding, S., Swanson, H., Keeley, W., Gramza, A. R., VandeWoude, S., Crooks, K.R. (2021). Human activity influences wildlife populations and activity patterns: implications for spatial and temporal refuges. *Ecosphere*. Issue 12 (5). DOI: 10.1002/ecs2.3487

15. Eikelboom, J.A., Wind, J., Van de Ven, E., Kenana, L.M., Schroder, B., De Knecht, H.J., Prins, H.H. (2019). Improving the precision and accuracy of animal population estimates with aerial image object detection. *Methods in Ecology and Evolution*. Issue 10(11), pp. 1875–1887. DOI: 10.1111/2041-210X.13277

16. Potencial myslivskoho hospodarstva Ukrainy. Porivniannia obsiahiv dobuвання dychyny v Yevropi [The potential of hunting economy of Ukraine. Comparison of game production in Europe]. Vseukrainska asotsiatsiia myslivtsiv ta korystuvachiv myslivskykh uhid [All-Ukrainian Association of Hunters and Users of Hunting Land]. 2024. Available at: <https://www.uahhg.org.ua/potencial-mislivskogo-gospodarstva-ukra%D1%97ni-porivnyannya-obsyagiv-dobuvannya-dichini-v-yevropi/>

17. Novytskyi, V. (2023). Ukraina myslivska: pidsumky 2023 roku [Hunting Ukraine: results of 2023]. Vseukrainska asotsiatsiia myslivtsiv ta korystuvachiv myslivskykh uhid [Ukrainian Association of Hunters and Users of Hunting Grounds]. Available at: <https://www.uahhg.org.ua/ukra%D1%97na-mislivska-pidsumki-2023-roku/>

18. Robinson, J.M., Harrison, P.A., Mavoa, S., Breed, M. F. (2022). Existing and emerging uses of drones in restoration ecology. *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 13(9), pp. 1899–1911. DOI: 10.1111/2041-210X.13912

19. Carver, S., Convery, I., Hawkins, S., Beyers, R., Eagle, A., Kun, Z., Soulé, M. (2021). Guiding principles for rewilding. *Conservation Biology*. Vol. 35(6), pp. 1882–1893. DOI: 10.1111/cobi.13730

20. Holmes, G., Marriott, K., Briggs, C., Wynne-Jones, S. (2020). What is rewilding, how should it be done, and why? A Q-method study of the views held by European rewilding advocates. *Conservation and Society*. Vol. 18(2), pp. 77–88. DOI: 10.4103/cs.cs_19_14

21. Mutillod, C., Buisson, É., Mahy, G., Jaunatre, R., Bullock, J. M., Tatin, L., Dutoit, T. (2024). Ecological restoration and rewilding: two approaches with complementary goals? *Biological Reviews*. Vol. 99(3), pp. 820–836. DOI: 10.1111/brv.13046

22. Egoh, B.N., Nyelele, C., Holl, K.D., Bullock, J.M., Carver, S., Sandom, C.J. (2021). Rewilding and restoring nature in a changing world. *PloS one*. Vol. 16(7), e0254249. DOI: 10.1371/journal.pone.0254249

23. Johansson, M., Flykt, A., Frank, J., Hartig, T. (2024). Wildlife and the restorative potential of natural settings. *Journal of Environmental Psychology*. Vol. 94. DOI: 10.1016/j.jenvp.2024.102233

Innovative approaches to the restoration of game animals populations in forest ecosystems: overview

Levandovska S., Khryk V., Sytnyk O.

In the context of global climate dynamics and intensification of anthropogenic pressure on the environment, significant changes in the animal world are inevitable. Large-scale chemicalisation of maintenance processes in forestry and agriculture, the practice of streamside lands, reduction of meadows negatively affects the reproduction and development processes of most game animals. Characteristic for different regions of Ukraine today are the tendencies of significant narrowing of their natural biotopes.

The purpose of the study is to analyze modern directions of restoration of populations of hunting animals and to increase their productivity in forest ecosystems. The methodology is composed by analytical-synthetic methods, systematization and abstraction, comparison, generalization, which made it possible to identify cause-effect relationships, determining factors and preconditions. The theoretical and methodological basis of the study was formed from relevant primary sources from publications that are indexed in leading databases (Scopus, Web of Science). The criteria for inclusion and exclusion of publications were a spatial-time indicator and the level of information reliability.

The study reveals that the hunting areas of Ukraine are characterized by low productivity in comparison with those of developed European countries. The official statistical data analysis is convincingly indicating the low efficiency of hunting management in different regions. It was determined that despite the regulated small volumes of the main game animals, the number of their populations does not increase, and some spe-

cies sometimes even decrease. The main innovative approaches to the restoration of populations of game animals in forest ecosystems are analyzed, including the maximum reduction of animal losses by carrying out effective protective, biotechnical and veterinary measures; formation of highly productive populations by maintaining the optimal number of medieval groups; selection of low-productive, less viable and emigration-prone individuals of younger age groups; elimination of old animals; formation of highly pro-

ductive populations by keeping an optimal number of middle-aged groups; selective shooting among other age groups. The role in this process of rational organization of forest hunting management and key tasks of prospective development of forest hunting management are defined.

Key words: population recovery, optimal abundance, management strategy, extraction rates, hunting grounds, anthropogenic load, selective shooting, forest ecosystems.



Copyright: Левандовська С.М., Хрик В.М., Ситник О.С. © 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.

Хрик В.М.

Ситник О.С.

<https://orcid.org/0000-0002-8485-6134>

<https://orcid.org/0000-0003-1912-3476>

<https://orcid.org/0009-0002-2637-1849>



ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*26:502.131.1:631.95

Агролісівництво: забезпечення сталого розвитку агроєкосистем (огляд)

Лозінська Т.П.¹ , Масальський В.П.¹ ,
Пенькова С.В.¹ , Терновий Ю.В.² 

¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Скверська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН

 E-mail: Лозінська Т.П. lozinskatat@ukr.net; Масальський В.П. vlad.masalskiy71@gmail.com;
Пенькова С.В. svitlana1986r@ukr.net; Терновий Ю.В. E-mail: ternowoj@i.ua



Лозінська Т.П., Масальський В.П., Пенькова С.В., Терновий Ю.В. Агролісівництво: забезпечення сталого розвитку агроєкосистем (огляд). «Агробіологія», 2025. № 1. С. 331–342.

Lozinska T., Masalskiy V., Penkova S., Ternoviy Yu. Agroforestry: ensuring sustainable development of agroecosystems (review). «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 331–342.

Рукопис отримано: 18.02.2025 р.

Прийнято: 05.03.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-1-331-342

У статті розглянуто питання сталого розвитку агроєкосистем, спрямованого на ефективне використання природних ресурсів, збереження біорізноманіття та підвищення продуктивності сільськогосподарства. В умовах глобального потепління та впливу військових дій на території України, важливим є впровадження інноваційних методів агролісівництва та алейного землеробства.

Проаналізовано сучасні дослідження щодо раціонального використання ґрунтових ресурсів, водоощадних технологій, збереження біорізноманіття та зменшення хімічного навантаження. Розглянуто значення інноваційних технологій, таких як ГІС-технології, дрони, супутниковий моніторинг, біотехнології та агроєкологічні підходи.

Стаття також висвітлює соціально-економічні аспекти сталого розвитку агроєкосистем, включаючи розвиток сільських громад, забезпечення продовольчої безпеки та створення «зелених робочих місць». Запропоновано схеми змішаної посадки деревних культур і лікарських рослин, таких як липа і лаванда, павловнія і лаванда, та наведено інші можливі варіанти змішаних посадок.

Основна мета статті – показати перспективи використання інноваційних методів агролісівництва та алейного землеробства для забезпечення сталого розвитку агроєкосистем в Україні, сприяючи збереженню довкілля, підвищенню економічної ефективності та покращенню якості життя сільських громад.

Показано, що вплив глобального потепління та військові дії в Україні ставлять додаткові виклики перед агроєкосистемами. Для їхнього подолання важливо впроваджувати інноваційні методи, такі як використання дронів, супутникового моніторингу, біотехнологічних методів та агроєкологічних підходів.

Впровадження інноваційних методів агролісівництва та алейного землеробства може забезпечити стійкий розвиток агроєкосистем в Україні, сприяючи збереженню довкілля, підвищенню економічної ефективності та покращенню якості життя сільських громад.

Ключові слова: агролісівництво, сталий розвиток, агроєкосистеми, деревні породи, лікарські рослини, алейне землеробство, біорізноманіття.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сталий розвиток агроєкосистем спрямований на ефективне використання природних ресурсів, збереження біорізноманіття, підвищення продуктивності сільськогосподарства та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Особливо великого впливу завдає глобальне потепління та військові дії на території нашої держави [1, 2].

Важливим етапом у сталому розвитку є стійкість агроєкосистеми, а саме здатність агрофітоценозу протистояти комплексу зовнішніх і внутрішніх несприятливих умов росту і розвитку, забезпечувати отримання сталого врожаю рослинницької продукції. Сучасними дослідженнями доведено і вказано, що «зміна соціально-економічної ситуації сьогодення і радикальна перебудова системи виробничих відносин у аграрному секторі дає змогу на основі інтеграції наукових досліджень комплексно підійти до розв'язання назрілих екологічних проблем в Україні і захистити одну із частин нашої біосфери – агроферу» [3].

Наукою визнано, що найбільш реальним способом керування продукційними та середовищотворювальними функціями є використання сучасних методів дослідження закономірностей і особливостей онтогенетичної та філогенетичної адаптації біокомпонентів агроценозу [4].

Забезпечення сталого розвитку агроєкосистем можливе за дотримання основних їх принципів, а саме екологічної стійкості, економічної ефективності та соціальної відповідальності [5].

Для забезпечення сталого розвитку агроєкосистем є кілька методів:

1. Рациональне використання ґрунтових ресурсів (впровадження органічного землеробства; сівозміння для запобігання виснаженню ґрунтів; використання сидератів для збагачення ґрунту органічною речовиною) [6].

2. Водоощадні технології (крапельне зрошення та збереження вологи в ґрунті; будівництво водозбірних систем для зменшення водного стресу; очищення та повторне використання стічних вод для поливу) [7].

3. Збереження біорізноманіття (використання агролісівництва; відновлення луків і пасовищ, збереження природних екосистем у сільськогосподарських ландшафтах; використання місцевих, стійких до кліматичних змін сортів рослин) [8].

4. Зменшення хімічного навантаження (використання біологічних методів захисту рослин; заміна синтетичних пестицидів на натуральні препарати; вирощування стійких

до шкідників культур, селекційно адаптованих до місцевих умов) [9].

5. Інноваційні технології (використання ГІС-технологій для моніторингу стану полів; використання дронів для аналізу вологості ґрунту, виявлення шкідників і оптимізації внесення добрив; використання Big Data та штучного інтелекту для прогнозування врожайності та ефективного управління ресурсами) [8].

Важливе місце у вивченні цього питання займають соціально-економічні аспекти сталого розвитку, що передбачають розвиток сільських громад, забезпечення продовольчої безпеки завдяки вирощуванню екологічно чистих продуктів та створення «зелених робочих місць» у сфері екологічного землеробства.

Сталий розвиток агроєкосистем можливий за умови комплексного підходу до збереження ресурсів, впровадження екологічних технологій та раціонального землекористування. Запровадження інноваційних методів і підтримка природоохоронних заходів дозволять забезпечити стабільну продовольчу систему та мінімізувати негативний вплив сільського та лісового господарства на довкілля.

Наступні 10 років в Україні будуть теплішими, ніж попереднє десятиріччя. За даними Всесвітньої метеорологічної служби, членом якої є і Український Гідрометцентр, роки з 2015 до 2023 були найтеплішими за всю історію метеорологічних спостережень.

Україна одна із перших приєдналася до Паризької кліматичної угоди в межах Рамкової конвенції ООН про пом'якшення наслідків зміни клімату, прийнятої 12 грудня 2015 р. Для реалізації внеску України в її межах необхідно впроваджувати інновації та найкращі світові практики в усіх ключових секторах економіки, щоб досягнути нульового рівня викидів до 2050 р. Процес секвестрації вуглецю агроландшафтом включає видалення CO₂ з атмосфери рослинами в процесі фотосинтезу та його зберігання у генетичному профілі ґрунту і рослинної біомаси. Наразі всі системи землеробства мають бути клімато-орієнтованими, щоб зменшити глобальне потепління. У будь-якому випадку нам потрібно шукати вихід, адже змін клімату не уникнути. Нині законодавство Євросоюзу вже кліматоорієнтоване [10].

Вплив глобального потепління на агроландшафти є багатовимірним, що потребує адаптаційних заходів, таких як зміна методів землеробства, впровадження стійких культур та розвиток водозберігаючих технологій.

Дослідниками наведено приклади впливу глобального потепління на агроландшафти: зміна режиму опадів і посухи [11], засолення

ґрунтів (підвищення температури та випаровування призводить до накопичення солей у ґрунті, що знижує врожайність) [12], розширення ареалів шкідників і хвороб (підвищення температури зумовлює поширення нових видів комах-шкідників та грибкових інфекцій через підвищену вологість) [13], зниження родючості ґрунтів (втрата гумусу через швидке розкладання органічної речовини за високих температур, деградація чорноземів у зонах з підвищеним ризиком посух) [14], зміщення агрокліматичних зон (північне просування теплових поясів змінює території, придатні для сільськогосподарства, витіснення традиційних культур через зміну кліматичних умов [15], втрата біорізноманіття (вимирання або зменшення чисельності рослин, які не адаптовані до зміни клімату, зменшення видового різноманіття у степових екосистемах через посухи) [16], збільшення частоти екстремальних погодних явищ (урагани, повені та град пошкоджують посіви, спекотні періоди скорочують вегетаційний період рослин) [17], можливість інтенсифікації або пом'якшення викидів парникових газів із ґрунту, отримання повного розуміння цих явищ у системах агролісівництва [18].

За твердженнями В.Ю. Юхновського та О.М. Тупчія «системи агролісівництва є менш уразливі до змін клімату, поширення їх з кожним роком зростає, ...агролісівництво є безальтернативним шляхом поліпшення якості природного середовища, новим етапом розвитку агролісомеліорації» [19].

Агролісівництво має вищий рівень економічної ефективності порівняно з лісовим господарством та нижчий порівняно з сільським господарством. Проте цей показник значно різниться і залежить від ґрунтово-кліматичних умов, державної підтримки проєктів агролісівництва, вартості компенсації фіксації вуглекислого газу та інших чинників. Зокрема, «ціна компенсації вуглецю» може підвищити економічний ефект агролісівництва порівняно з класичним аграрним виробництвом [20].

Метою досліджень є аналіз перспективних методів агролісівництва як складової сталого розвитку агроєкосистем. Для досягнення мети визначені певні завдання, які полягають у створенні сприятливих систем збереження біорізноманіття для забезпечення сталого розвитку, рекомендації щодо впровадження інноваційних методів збереження агроландшафтів.

Матеріал і методи дослідження. Матеріалом слугували літературні джерела (наукові статті, книги та інші публікації, що містять інформацію про агролісівництво та алейне

землеробство), вибір деревних і трав'янистих рослин для дослідження їхньої сумісності та впливу на екосистему.

Методи: соціально-економічні (вивчення впливу агролісівництва та алейного землеробства на місцеві громади, економічну ефективність та соціальні аспекти), спостереження, моніторинг, опис, порівняння, аналіз [21].

Результати дослідження та обговорення. Агролісівництво – це система інтегрованого управління землею, яка поєднує вирощування сільськогосподарських культур, утримання худоби та лісові насадження для підвищення продуктивності земель, збереження ґрунту та покращення екологічного балансу. Сучасні інноваційні методи сприяють підвищенню ефективності цієї системи та забезпечують сталий розвиток агроєкосистем (табл.1).

Інноваційні методи в агролісівництві сприяють збереженню довкілля, підвищенню продуктивності земель і покращенню економічної ефективності агролісових систем. Використання сучасних технологій дозволяє мінімізувати негативний вплив на екосистеми та адаптувати лісове господарство до кліматичних змін.

На сьогодні необхідно звернути увагу на використання алейного землеробства в сільському і лісовому господарстві. Алейне землеробство (*alley cropping*) – це агролісівнича система, що поєднує вирощування сільськогосподарських культур між рядами дерев або чагарників [8, 22]. Така практика сприяє підвищенню продуктивності земель, збереженню родючості ґрунтів, зменшенню ерозійних процесів і створенню сталих ландшафтних систем. Воно має низку переваг, а саме:

- підвищення продуктивності земель (дерева та чагарники покращують мікроклімат, знижують вплив вітру та сонячної радіації на польові культури; взаємодія між деревними рослинами та сільськогосподарськими культурами сприяє ефективному використанню ресурсів);

- запобігання ерозії ґрунтів (ряди дерев утримують ґрунт на місці, зменшуючи вплив водної та вітрової ерозії; коренева система дерев стабілізує ґрунтову структуру);

- поліпшення родючості ґрунтів (дерева, особливо бобові культури (акація, гліцинія), збагачують ґрунт азотом; опадання листя та біомаси сприяє формуванню природного гумусу);

- захист біорізноманіття (алеїне землеробство створює сприятливі умови для птахів, комах-запилювачів та корисних ґрунтових мікроорганізмів);

- економічна ефективність (додатковий дохід від деревини, плодів, лікарських рослин або кормових культур; зменшення витрат на хімічні добрива завдяки природному поліпшенню ґрунту).

Основні підходи до використання алейного землеробства в лісовому господарстві полягають у багатьох аспектах. Важливим є вирощування дерев з коротким циклом рубок. У таких випадках потрібно висаджувати швидкорослі види дерев (тополя, верба,

акація), які можна використовувати для отримання деревини, біопалива або паперової сировини. Поєднання вирощування деревних порід з пасовищами забезпечує тінь для худоби під час випасу та кормові ресурси.

Водночас застосовують захисні смуги для сільськогосподарських культур завдяки висадженню рядів дерев між полями для запобігання вітрової і водної ерозії та використання медоносних дерев і чагарників для залучення запилювачів.

Таблиця 1 – Характеристика основних інноваційних методів в агролісівництві (сформована авторами)

№	Методи	Характеристика методів	Приклад використання
1.	Використання дронів та супутникового моніторингу	Моніторинг стану лісосмуг та посівів.	Використання супутникових даних Sentinel-2 та дронів з NDVI-аналізом для визначення стану рослинності.
		Виявлення ерозійних процесів.	
		Оптимізація догляду за рослинами (диференційоване внесення добрив і води).	
2.	Смарт-лісівництво та цифрові технології	(ГІС (геоінформаційні системи) для управління лісовими екосистемами.	Використання програмного забезпечення LandSat і ArcGIS для оцінки змін у лісових екосистемах.
		Сенсори вологості та температури для моніторингу стану ґрунту.	
		Прогнозування росту насаджень на основі штучного інтелекту (AI).	
3.	Біотехнологічні методи	Вирощування мікоризних грибів для підвищення стійкості дерев і рослин.	Використання азотфіксуючих мікроорганізмів у кореневій зоні для поліпшення росту дерев.
		Генетично вдосконалені сорти дерев з підвищеною стійкістю до посухи та хвороб.	
		Мікроклональне розмноження цінних порід дерев для створення продуктивних насаджень.	
4.	Інноваційні методи збереження ґрунтів	Система "ключового рельєфу" (Keyline Design) для контролю водного балансу.	Використання акації білої для зупинення піщаних бур у посушливих регіонах.
		Контурне лісосмугове землеробство – створення смуг дерев між полями для захисту від вітрової та водної ерозії.	
		Посадка дерев з глибокими кореневими системами для стабілізації ґрунту.	
5.	Агроекологічні підходи	Агрофорестрі – поєднання багаторічних деревних культур із сільськогосподарськими культурами.	Інтеграція горіхових плантацій із зерновими культурами для покращення економічної ефективності.
		Смугове міжкультурне вирощування – висаджування дерев і кущів у поєднанні з польовими культурами.	
		Відновлення деградованих земель за допомогою лісосмуг.	
6.	Використання відновлюваних джерел енергії	Сонячні батареї в агролісових системах для автономного енергозабезпечення.	Інсталяція сонячних панелей у тіні дерев для оптимального використання простору.
		Біогазові установки для отримання енергії з органічних відходів.	
		Використання енергії вітру для насосних станцій у зрошенні лісосмуг.	

Також можна розглядати можливість вирощування лікарських і технічних рослин між деревами, вирощування ефіроолійних рослин та декоративних культур для ландшафтного озеленення.

Алейне землеробство широко використовують в США та Канаді для підвищення врожайності кукурудзи, сої та інших культур, інтегруючи їх з деревами, які покращують стан ґрунту. У Франції та Німеччині його застосовують для захисту від деградації земель та змін клімату. В умовах України алейне землеробство доцільно впроваджувати в степовій зоні для захисту від посухи та покращення меліоративних властивостей лісосмуг [22].

Отже, алейне землеробство – це перспективний напрям у лісовому господарстві, що

сприяє сталому використанню земельних ресурсів. Інтеграція деревних і сільськогосподарських культур підвищує економічну ефективність, покращує стан ґрунтів і зменшує негативний вплив змін клімату. Впровадження цієї системи дозволить оптимізувати ведення лісового господарства та покращити екологічний баланс регіонів.

Використовуючи досвід інших країн і впровадження агролісівництва в Україні можна запропонувати наступні схеми поєднання вирощування сільськогосподарських і лісових культур, які сприяють підвищенню продуктивності земель, збереженню ґрунтів та адаптації до змін клімату. Такі схеми можуть бути адаптовані під конкретні кліматичні умови, типи ґрунтів і агрономічні цілі (табл. 2).

Таблиця 2 – Схеми для створення систем алейного землеробства (сформовано авторами)

№ п/п	Приклад схеми	Структура	Приклад застосування
1.	Класична схема (ряди дерев + міжряддя під польові культури).	Дерева висаджуються рядами (алеї) на відстані 10–15 м один від одного. У міжряддях вирощуються зернові або овочеві культури.	Тополя або акація + пшениця, кукурудза, соя.
2.	Лісосмуги з міжряддям під кормові культури	Висадження дерев (акація, дуб) рядами для захисту від вітру. У міжряддях – люцерна, конюшина або інші кормові трави.	Відновлення деградованих земель із одночасним використанням території для випасу тварин.
3.	Силвопасторальна система (дерева + випас худоби)	Ряди дерев забезпечують тінь для тварин і захищають ґрунт. Вільний простір використовують для випасу худоби.	Вирощування горіхоплідних дерев із випасом овець чи великої рогатої худоби.
4.	Фруктові дерева + зернові культури	Висадження яблунь, груш або слив у рядах. У міжряддях вирощуються озимі зернові культури.	Комбіноване вирощування яблунь із житом або пшеницею.
5.	Ефіроолійні культури + лісові насадження	Висадка лаванди, м'яти або чебрецю між рядами дерев. Дерева – дуб, сосна або ялиця.	Вирощування лаванди між дубами для отримання деревини та ефірних олій.
6.	Бобові культури між деревами (відновлення ґрунтів)	Посадка азотфіксуючих дерев (гледичія, біла акація). У міжряддях – соя, горох або нут.	Відновлення бідних ґрунтів у посушливих регіонах.
7.	Лікарські рослини між рядами дерев	Висадка дуба, каштана або липи для деревини. У міжряддях – ехінацея, ромашка або меліса.	Отримання деревини й лікарської сировини з однієї ділянки.
8.	Дерева з швидкорослими культурами (біоенергетика)	Посадка енергетичних культур (верба, тополя). У міжряддях – ріпак, сорго або кукурудза.	Отримання біопалива та корму одночасно.
9.	Медоносні дерева + гречка або соняшник	Посадка липи, акації чи верби для виробництва меду. Вирощування гречки, соняшнику або інших медоносів у міжряддях.	Підвищення врожайності завдяки природному запиленню.
10.	Лісосмуги для виноградарства	Висадження захисних деревних смуг (клен, дуб) уздовж виноградників. Між рядами виноградної лози – сидерати (конюшина, гірчиця).	Захист виноградників від вітру та ерозії ґрунтів.

Захисні лісосмуги (алеї дерев) висаджують рядами на певній відстані (15–50 м залежно від потреб). Для їх створення використовують швидкорослі та азотфіксуючі породи (акація, шовковиця, тополя, верба). Такі насадження створюють сприятливий мікроклімат і захищають посіви від ерозії. Міжряддя (зони землеробства або випасу) створюють для вирощування сільськогосподарських культур (зернові, овочі, бобові, лікарські рослини) або використовують як пасовище для худоби в силвопасторальних системах.

Систему крапельного або природного зрошення розміщують між деревами для підтримання вологості. Також можливе використання органічної мульчі для збереження води та підвищення родючості ґрунту.

Ґрунтозахисні технології передбачають впровадження вирощування сидератів для збагачення ґрунту. Також можна розглядати можливість використання контурного розміщення лісових смуг для запобігання ерозії.

З огляду на зазначене вище, можна рекомендувати запропоновані схеми використовувати у степовій зоні: висадження акації та гледичії між посівами пшениці для захисту від ерозії; у лісостеповій зоні: інтеграція плодкових дерев (горіх, каштан) з лікарськими рослинами (лаванда, ехінацея); у Карпатах: вирощування кормових культур між рядами модрина та дуба для підтримки фермерських господарств.

Отже, запропоновані схеми дозволяють поєднати лісове господарство із землеробством або тваринництвом, підвищити продуктивність земель, покращити родючість ґрунтів та забезпечити екологічну стійкість агроландшафтів.

Враховуючи, що зміни клімату знижують рівень продовольчої безпеки, вони ставлять під загрозу виконання планів, які спрямовані на досягнення Цілей сталого розвитку. Кліматичні зміни створюють загрози і ризики для сільського господарства. Антропогенне навантаження на агроєкосистеми та навколишнє природне середовище одночасно з катастрофічними природними явищами можуть призвести до негативного синергетичного ефекту та «каскадування» ризиків» [23].

Одними із ключових можливостей аграрного сектору внаслідок змін клімату є розвиток нових напрямів наукових досліджень, а також використання дистанційних, цифрових та інформаційних технологій. Пошук нового балансу між загрозами та можливостями – надпотужний виклик для впровадження інноваційних агротехнологій. Йдеться про

інноваційну політику – розширення наукових досліджень та заохочення інвестицій у розробки, апробації та впровадження у виробництво новітніх технологій агровиробництва [24]. Тому важливими і цікавими мають бути інноваційні розробки, спрямовані на вирощування органічної продукції та збереження і розширення біорізноманіття. З цією метою рекомендуємо новітні технології вирощування лісових і сільськогосподарських культур. Зокрема хочемо звернути увагу на поєднання медоносних, декоративних, швидкокорослих, гарноквітучих і лікарських рослин. Відомо, що бджільництво не лише дає мед, а також бджоли запилюють плодові дерева, олійні рослини та інші багаторічні й однорічні культури. Іноді ці послуги із запилення можуть бути набагато важливішими економічними, ніж мед. Під час проєктування агролісомеліоративних систем використання ряду деревних порід, що цвітуть в різний час, може забезпечити умови для бджільництва і запилення, а отже покращити вирощування однорічних культур [25].

Розглянемо технологію вирощування деревних і лікарських культур для збереження агроландшафтів. Вирощування деревних та лікарських культур є ефективним способом збереження агроландшафтів, запобігання деградації ґрунтів, зниження впливу кліматичних змін і підвищення біорізноманіття. Ця технологія поєднує створення багаторічних насаджень із використанням лікарських рослин для підтримки сталого розвитку сільськогосподарських територій. Її впровадження сприяє збереженню агроландшафтів, підвищенню економічної ефективності використання земель і створенню стійких екосистем. Завдяки поєднанню лісових насаджень із лікарськими рослинами можна досягти гармонійного розвитку екологічно збалансованого сільського господарства.

Важливим першочерговим етапом є вибір території та підготовка ґрунту. Вибір місця проводять із урахуванням кліматичних умов (рівень опадів, температура, тип ґрунтів), аналізу родючості ґрунту та рівня його зволоження та вибору місцевостей із ризиком ерозії або деградації ґрунтів.

Підготовка полягає в рекультивативі земель, очищенні ґрунту від бур'янів, застосуванні органічного добрива (перегній, компост, сидерати) та формуванні системи зрошення для оптимального водного режиму.

Наступним етапом є вибір деревних і лікарських культур. Добираючи деревні культури потрібно звернути увагу на швидкорослі

породи (тополя, верба, акація біла), азотфіксуючі види (гледичія, карагана, біла акація), плодови та горіхоплідні (каштан, волоський горіх, обліпіха).

Під час вибору лікарських рослин орієнтуємося на їх ефіроолійність (лаванда, чебрець, м'ята) та медоносність (ехінацея, календула, меліса).

Після того як затверджено вибір культур необхідно запроектувати схему посадки та сумісність культур. Для цього звертаємо увагу на просторове розміщення, розміщення дерев рядами з міжряддями для лікарських культур. Відстань між деревами має становити 3–5 м для плодових та азотфіксуючих, 5–8 м – для швидкорослих порід, відстань між рядами – 8–12 м (залежно від висоти порід).

Поєднанню культур також приділяють важливу увагу. Деревя, що створюють тінь, висаджуються з тіньовитривалими лікарськими рослинами. У міжряддях вирощують культури, що збагачують ґрунт та зберігають вологу.

Надалі залишається догляд за насадженнями, до якого входить полив лікарських культур на ранніх стадіях росту та крапельне зрошення для економії води. Важливим також є захист від шкідників за використання біологічних методів (комах-антагоністів, фітонцидних рослин) та обприскування природними екстрактами (часник, ромашка, деревій). Своєчасно необхідно проводити обрізку і формування крони дерев та санітарну обрізку для запобігання захворюванням.

Останнім етапом технології є збір та переробка продукції: отримання деревини для біопалива, будівництва, виробництва паперу, заготівля листя та кори для лікарських і косметичних потреб тощо.

Зібрані лікарські культури після сушіння за температури 30–40 °С можна реалізувати, використовувати для екстракції ефірних олій та як сировину у фармацевтиці, косметології та харчовій промисловості.

Використовуючи таку технологію можна висаджувати різні деревні та декоративні рослини усіх життєвих форм. До прикладу рекомендуємо декілька схем змішаних насаджень. Вибір рослин для них залежить від конкретних умов ділянки, тому завжди варто враховувати особливості ґрунту, клімату та наявних ресурсів.

Розглянута і запропонована нами технологія має екологічні та економічні переваги. До екологічних належить зменшення ерозії ґрунтів, покращення мікроклімату та збереження біорізноманіття, фіксація вуглецю та

очищення повітря. До економічних – додатковий дохід від продажу лікарських рослин і деревної продукції, ефективне використання земельних ресурсів, зниження витрат на хімічні добрива через природне збагачення ґрунту.

Щоб створити схему змішаної посадки липи та лаванди, наприклад, важливо враховувати їхні потреби у ґрунті, світлі та просторі. Липа (*Tilia*) – це дерево, яке потребує простору для зростання. Відстань між деревами липи має становити не менше 5–7 метрів [26]. Лаванда (*Lavandula*) – це кущ, який потребує добре дренованого ґрунту та багато сонця. Відстань між кущами лаванди має становити 30–40 см [27].

Схема посадки цих культур виглядає наступним чином:

T – липа

L – лаванда

```

      T      T      T
    L L L L L
  L L L L L L
    L L L L L
      T      T      T
  
```

У цій схемі липи висаджують на відстані 5–7 метрів одна від одної, а між ними висаджують лаванду. Це дозволяє максимально ефективно використовувати простір та забезпечує гармонійне поєднання дерев і кущів. Важливо також враховувати, що липа створює тінь, тому лаванда має бути висаджена на такій відстані, щоб отримувати достатньо сонячного світла. Така схема посадки може бути використана для поєднання медоносних і лікарських рослин з метою отримання побічної продукції та створення рекреаційної зони.

Розглянемо іншу схему використанням павловнії і лаванди. Для створення змішаної посадки, важливо також враховувати їхні потреби у ґрунті, світлі та просторі. Павловнія (*Paulownia*) – це швидкоросле дерево, яке потребує багато простору для росту. Відстань між деревами павловнії має становити не менше 5–7 метрів [28]. Лаванда (*Lavandula*) – це кущ, який потребує добре дренованого ґрунту та багато сонця. Відстань між кущами лаванди має становити 30–40 см.

P – павловнія

L – лаванда

```

      P      P      P
    L L L L L L L
  L L L L L L L
    L L L L L L L
      P      P      P
  
```

У цій схемі павлонії висаджують на відстані 5–7 метрів одна від одної, а між ними – лаванду. Це дозволяє максимально ефективно використовувати простір та забезпечує гармонійне поєднання дерев і кущів. Важливо також враховувати, що павловнія, як і липа, створює тінь, тому лаванда має бути висаджена на такій відстані, щоб отримувати достатню кількість сонячного світла.

Для змішаної посадки павловнії та лаванди можна використовувати інші рослини, які добре взаємодіють з цими видами, мають подібні потреби до умов зростання та не конкурують за ресурси. Ось декілька прикладів: бузок (*Syringa*) [29] добре поєднується з лавандою завдяки подібним потребам до сонячного світла і ґрунту; жасмин (*Jasminum*) [30] можна посадити біля павловнії, він додасть аромату та краси; шавлія (*Salvia officinalis*) має подібні потреби у ґрунті та світлі, як і лаванда, може бути посаджена поруч, та є високопосухостійкою рослиною [31]; чебрець (*Thymus vulgaris*) добре поєднується з лавандою та павловнією завдяки подібним умовам вирощування та є стійким до несприятливих умов довкілля [32, 33]. Також добре поєднуються в насадженнях і декоративні рослини: геліотроп (*Heliotropium*) має ароматні квіти і добре поєднується з лавандою; айстра (*Aster*) цвіте восени, додаючи кольору до саду після закінчення цвітіння лаванди.

Отже, вибір рослин залежить від конкретних умов ділянки, тому завжди варто враховувати особливості ґрунту, клімату та наявних ресурсів.

Висновки. 1. Агролісівництво є ключовим елементом сталого розвитку агроєкосистем. Воно забезпечує ефективне використання природних ресурсів, збереження біорізноманіття та підвищення продуктивності сільського господарства, водночас мінімізуючи негативний вплив на довкілля.

2. Вплив глобального потепління та військові дії в Україні ставлять додаткові виклики перед агроєкосистемами. Для їхнього подолання важливо впроваджувати інноваційні методи, такі як використання дронів, супутникового моніторингу, біотехнологічних методів та агроєкологічних підходів.

3. Рациональне використання ґрунтових ресурсів, включаючи органічне землеробство, сівозміни, використання сидератів та водоощадні технології, є критичними для забезпечення сталого розвитку агроєкосистем.

4. Стійкий розвиток агроєкосистем включає не лише екологічну стійкість, а також економічну ефективність та соціальну від-

повідальність. Розвиток сільських громад, забезпечення продовольчої безпеки та створення «зелених робочих місць» є важливими компонентами цього процесу.

5. Впровадження методів агролісівництва та алейного землеробства може допомогти адаптувати агроєкосистеми до змін клімату, зменшити ерозійні процеси, покращити родючість ґрунтів та забезпечити стабільну продуктивність сільського господарства.

6. Запропоновані схеми змішаної посадки, такі як поєднання павловнії з лавандою, або липи з лавандою, сприяють гармонійному розвитку агроландшафтів та оптимізації використання земельних ресурсів. За вибору рослин для змішаних посадок слід враховувати їхні потреби до умов зростання, сумісність та потенційну взаємодію.

Впровадження інноваційних методів агролісівництва та алейного землеробства може забезпечити стійкий розвиток агроєкосистем в Україні, сприяючи збереженню довкілля, підвищенню економічної ефективності та покращенню якості життя сільських громад.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Raichuk L., Shvydenko I., Kuchma T. Climatic risks and forest ecosystems: the interaction between deforestation and climate change. Збалансоване природокористування. 2024. № 2. С. 56–63. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2024.309922
2. Лозінська Т.П., Масальський В.П. Вплив війни на лісові екосистеми, біорізноманіття та стійкість лісів. Наукові читання імені В.М. Винogradova: матеріали VI-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. Херсон, 2024. С. 50–52.
3. Мусієнко М.М., Бацманова Л.М., Войцехівська О.В. Глобальні зміни клімату та концептуальні основи сталого розвитку агроєкосистем. Агроєкологічний журнал. 2017. № 2. С. 21–30.
4. Musienko M.M., Voitsekhivska O.V., Batsmanova L.M. Environmentally sustainable society in the future – reality and prospects. Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: monografia. Opole, 2016. P. 81–87.
5. Лозінська Т.П., Масальський В.П. Оптимізація агроландшафтів у контексті сталого розвитку лісового господарства: мат. тез у всеукраїнській науково-практичній конференції: «Біорізноманіття: теорія, практика та методичні аспекти вивчення у закладах освіти». Полтава, 2024. С. 164–168.
6. Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти: колективна монографія / за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера. Харків: Смугаста типографія, 2015. 432 с.

7. Клименко М.О., Залеський І.І. Збалансоване використання водних ресурсів: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2016. 337 с.
8. Рекультивация агроландшафтов методами инновационного агролісівництва: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 205 – «Лісове господарство» / уклад. В.С. Хахула та ін. Біла Церква, 2024. 200 с.
9. Ліщук А.М., Драга М.В., Городиська І.М., Терновий Ю.В. Концептуальні підходи до реабілітації забруднених пестицидами ґрунтів України. Збалансоване природокористування. 2021. № 3. С. 88–96. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2021.247134
10. Ковальчук Т. Експерти розповіли, як аграріям пристосуватися до кліматичних викликів. Агробізнес Сьогодні. 2024. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/28778-eksperty-rozpovily-iak-ahrariiam-prystosuvatsia-do-klimatichnykh-vyklykiv.html>
11. Посухи в контексті змін клімату України / В.М. Писаренко та ін. Вісник ПДАА. 2019. № 1. С. 134–146.
12. Хе С. Фізіолого-біохімічні аспекти реагування рослин на засолення ґрунту (оглядова). Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал. Агрономія і біологія. Суми: СНАУ, 2022. Вип. 4 (50). С. 62–68.
13. Борзих О.І. Інновації моніторингу карантинних шкідливих організмів у рослинництві України. Захист і Карантин рослин: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2013. Вип. 59. С. 3–12.
14. Диченко О.Ю., Чайка Т.О. Основні причини зниження родючості ґрунтів України. Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агро-екологічний, соціальний та економічний аспекти: матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф. Полтава: ПДАА, 2023. С. 62–65.
15. Перспективи розвитку аграрного сектора України в умовах кліматичних змін: аналіт. доп. / В.М. Русан та ін. Київ: НІСД, 2024. 47 с. DOI: 10.53679/NISS-analytrep.2024.09
16. Вагалюк Л.В., Лісовий М.М. Біорізноманіття і його збереження: навч. посіб. Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2023. 300 с.
17. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналітична доповідь / за ред. С.П. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. 110 с.
18. Dong-Gill Kim, Miko U.F. Kirschbaum, Tracy L. Beedy. Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2016. Vol. 226. P. 65–78. DOI: 10.1016/j.agee.2016.04.011.
19. Юхновський В.Ю., Тупчий О.М. Агролісівництво – новітній етап розвитку агролісомеліорації. «Лісівництво, деревообробка та озеленення: стан, досягнення і перспективи». Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2022. С. 37–38.
20. Alma Thiesmeier, Peter Zander. Can agroforestry compete? A scoping review of the economic performance of agroforestry practices in Europe and North America. Forest Policy and Economics. 2023. Vol. 150. 102939. DOI: 10.1016/j.forpol.2023.102939.
21. Методика досліджень агроєкосистем / Л.М. Карпук та ін. Біла Церква, 2024. 256 с.
22. Алейне землеробство. WWF. Природоохоронні рішення. URL: <https://nbs.wwf.ua/methodology/alejne-zemlerobstvo/>
23. Lee H., Romero J. IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland. P. 1–34. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
24. Перспективи розвитку аграрного сектора України в умовах кліматичних змін: аналіт. доп. / за ред. Я.А. Жаліла. Київ: НІСД, 2024. 47 с. DOI: 10.53679/NISS-analytrep.2024.09
25. Xu J., Mercado A., He J., Dawson I. An Agroforestry guide for field practitioners. The World Agroforestry Centre, East Asia, Kunming. China, 2013. 63 p.
26. Масальський В.П. Рід *Tilia* L. у Правобережному Лісостепу України: Інтродукція, біоекологічні особливості, перспективи вирощування: автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2011. 20 с.
27. Lozinska T. Introduction of innovative techniques in technology of *lavandula angustifolia* in the Forest Steppe of Ukraine. Sciences of Europe. Praha, Czech Republic, 2022. No 97. P. 3–6. DOI: 10.5281/zenodo.6884377
28. Мікроклональне розмноження рослин: навчально-методичний посібник / В.В. Мацкевич та ін. Суми, 2023. 215 с.
29. Пацура І.М., Петрова Л.М. Рідкісне угруповання з участю бузку угорського на Львівщині. Збірник науково-технічних праць. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2005. Вип. 15.1. С. 58–61.
30. Запорожець О.І. Декоративні властивості та особливості використання в озелененні видів і культиварів роду садовий жасмин (*Philadelphus* L.). Новітні технології в агрономії, землеустрої та садово-парковому господарстві: матеріали доповідей державної науково-практичної конференції студентів. Біла Церква, 2019. С. 49–50.
31. Машковська С.П., Перебойчук О.П. Оцінка посухостійкості декоративних рослин інтродукованих видів роду шавлія (*Salvia* L.) в умовах Лісостепу України: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання – Temopil Bioscience – 2024», присвяченої 95-річчю від дня народження відомого вченого фізіолога, мікробіолога і популяризатора науки, професора Кузьми Миколайовича Векирчика. Тернопіль: Вектор, 2024. С. 73–75.
32. Приведенюк Н.В., Куцик Т.П., Глущенко Л.А. Вплив основного внесення мінеральних добрив та площі живлення рослин на якості

сировини чебрецю звичайного (*Thymus vulgaris* L.) в умовах зрошення. Агроекологічний журнал. 2021. № 2. С. 125–132. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2021.234471

33. Приведенюк Н.В., Глущенко Л.А. Удосконалення елементів технології вирощування чебрецю звичайного (*Thymus vulgaris* L.) в умовах зрошення. Вісник аграрної науки. 2021. № 1 (814). С. 32–39. DOI: 10.31073/agrovisnyk202101-04

REFERENCES

1. Raichuk, L., Shvydenko, I., Kuchma, T. (2024). Climatic risks and forest ecosystems: the interaction between deforestation and climate change. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja* [Balanced Nature Management]. no. 2, pp. 56–63. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2024.309922
2. Lozins'ka, T.P., Masal's'kyj, V.P. (2024). Vplyv vijny na lisovi ekosystemy, bioriznomanittja ta stijkist' lisiv [The impact of war on forest ecosystems, biodiversity, and forest resilience]. *Naukovi chytannja imeni V.M. Vynogradova: materialy VI-oj Vseukrai'ns'koi' naukovy-praktychnoi' konferencii' zdobuvachiv vyshhoj' osvity ta molodyh uchenyh* [Scientific Readings named after V.M. Vinogradov: proceedings of the VI All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Higher Education Applicants and Young Scientists]. Kherson, pp. 50–52.
3. Musijenko, M.M., Bacmanova, L.M., Vojchehiv's'ka, O.V. (2017). Global'ni zminy klimatu ta konceptual'ni osnovy stalogo rozvytku agroecosystem [Global climate change and conceptual foundations of sustainable development of agroecosystems]. *Agroekologichnyj zhurnal* [Agroecological Journal]. no. 2, pp. 21–30.
4. Musienko, M.M., Voitsekhiv's'ka, O.V., Batsmanova, L.M. (2016). Environmentally sustainable society in the future – reality and prospects. *Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: monografia* [Environmentally sustainable society in the future – reality and prospects. Selected Issues of Agriculture and Ecology: monograph]. Opole, pp. 81–87.
5. Lozins'ka, T.P., Masal's'kyj, V.P. (2024). Optymizacija agrolandshaftiv u konteksti stalogo rozvytku lisovogo gospodarstva: mat. tez u vseukrai'ns'kij naukovy-praktychnij konferencii': «Bioriznomanittja: teorija, praktyka ta metodychni aspekty vyvchennja u zakladah osvity» [Optimization of agro-landscapes in the context of sustainable forest management development: materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference: "Biodiversity: Theory, Practice, and Methodological Aspects of Study in Educational Institutions"]. Poltava, pp. 164–168.
6. Baljuka, S.A., Kuchera, A.V. (2015). Racional'ne vykorystannja g'runtovyh resursiv i vidtvoren'ja rodjuchosti g'runtiv: organizacijno-ekonomichni, ekologichni j normatyvno-pravovi aspekty: kolektyvna monografija [Rational use of soil resources and restoration of soil fertility: organizational, economic, ecological, and legal aspects]. Kharkiv, *Striped typography*, 432 p.
7. Klymenko, M.O., Zales'kyj, I.I. (2016). *Zbalansovane vykorystannja vodnyh resursiv: navchal'nyj posibnyk* [Sustainable use of water resources]. Rivne, NUVGP, 337 p.
8. Khahula, V.S., Hryk, V.M., Lozins'ka, T.P., Levandovs'ka, S.M., Kimejchuk, I.V. (2024). *Rekul'tivacija agrolandshaftiv metodamy innovacijnogo agrolisivnyctva: navchal'nyj posibnyk dlja zdobuvachiv vyshhoj' osvity drugogo (magisters'kogo) rivnja special'nosti 205 – «Lisove gospodarstvo»* [Reclamation of agro-landscapes by innovative agroforestry methods: a textbook for higher education students of the second (master's) level, specialty 205 – "Forestry"]. Bila Tserkva, 200 p.
9. Lishhuk, A.M., Draga, M.V., Gorodys'ka, I.M., Ternovyj, Ju.V. (2021). *Konceptual'ni pidhody do reabilitacii' zabrudnyh pestycydamy g'runtiv Ukraïny* [Conceptual approaches to the rehabilitation of pesticide-contaminated soils in Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja*. [Balanced Nature Management]. no. 3, pp. 88–96. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2021.247134
10. Koval'chuk, T. (2024). *Eksperty rozpovily, jak agrarijam prystosuvatsja do klimatychnyh vyklykiv* [Experts explained how farmers can adapt to climate challenges]. *Agrobiznes S'ogodni*. [Agribusiness Today]. Available at: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/28778-eksperty-rozpovily-iak-ahrariiam-prystosuvatsia-do-klimatychnyh-vyklykiv.html>
11. Pysarenko, V.M., Pysarenko, P.V., Pysarenko, V.V., Gorb, O.O., Chajka, T.O. (2019). *Posuhy v konteksti zmin klimatu Ukraïny* [Droughts in the context of climate change in Ukraine]. *Visnyk PDAA* [Bulletin of PDAA]. no. 1, pp. 134–146.
12. He, S. (2022). *Fiziologo-biohimichni aspekty reaguvannja roslin na zasolennja g'runtu (ogljadova)* [Physiological and biochemical aspects of plant response to soil salinity (review)]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu: naukovyj zhurnal*. Agronomija i biologija [Bulletin of Sumy National Agrarian University: scientific journal. Agronomy and Biology]. Sumy, SNAU, Issue 4 (50), pp. 62–68.
13. Borzyh, O.I. (2013). *Innovacii' monitoryngu karantynnyh shkidlyvyh organizmiv u roslinnyctvi Ukraïny* [Innovations in monitoring quarantine pests in Ukrainian crop production]. *Zahyst i Karantyn roslin: mizhvidomchyj tematychnyj naukovyj zbirnyk* [Plant Protection and Quarantine: interdepartmental Thematic Scientific Collection]. Issue 59, pp. 3–12.
14. Dychenko, O.Ju. Chajka, T.O. (2023). *Osnovni prychny znyzhennja rodjuchosti g'runtiv Ukraïny* [The main causes of soil fertility decline in Ukraine]. *Efektivne funkcionuvannja ekologichno stabil'nyh terytorij u konteksti strategii' stijkogo rozvytku: agroekologichnyj, social'nyj ta ekonomichnyj aspekty: materialy II Vseukr. nauk.-prakt. konf.* [Effective functioning of ecologically stable territories in the context of a sustainable development strategy: agroecological, social, and economic aspects: materials of the II All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Poltava, PDAA, pp. 62–65.

15. Rusan, V.M., Zhurakovs'ka, L.A., Zhalilo, Ja.A. (2024). Perspektyvy rozvytku agrarnogo sektora Ukrainy v umovah klimatychnykh zmin: analit. dop. [Prospects for the development of Ukraine's agricultural sector under climate change: analytical report]. Kyiv, NISD, 47 p. DOI: 10.53679/NISS-analytrep.2024.09
16. Vagaljuk, L.V., Lisovyy, M.M. (2023). Bioriznomanittja i jogo zberezhenja: navch. posib. [Biodiversity and its conservation]. Nacional'nyj universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy [National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]. 300 p.
17. Ivanjuta, S.P. (2020). Zmina klimatu: naslidky ta zahody adaptacii: analitychna dopovid' [Climate change: consequences and adaptation measures: analytical report]. Kyiv, NISD, 110 p.
18. Dong-Gill, Kim, Miko, U.F. Kirschbaum, Tracy L., Beedy. (2016). Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 226, pp. 65–78. DOI: 10.1016/j.agee.2016.04.011.
19. Juhnovs'kyj, V.Ju., Tupchij, O.M. (2022). Agrolisivnyctvo – novitnij etap rozvytku agrolisomelioracii' [Agroforestry – the latest stage in the development of agroforestry reclamation]. «Lisivnyctvo, derevoobrobka ta ozelenennja: stan, dosjagnennja i perspektyvy» ["Forestry, Woodworking, and Landscaping: Status, Achievements, and Prospects"]. pp. 37–38.
20. Thiesmeier, A., Zander, P. (2023). Can agroforestry compete? A scoping review of the economic performance of agroforestry practices in Europe and North America. Forest Policy and Economics. Vol. 150, 102939. DOI: 10.1016/j.forpol.2023.102939.
21. Karpuk, L.M., Rozhkov, A.O., Shoh, S.S., Filipova, L.M., Pavlichenko, A.A., Kubrak, S.M., Shubenko, L.A., Glevas'kyj, V.I., Titarenko, O.S. (2024). Metodyka doslidzen' agroekosystem [Research methodology of agroecosystems]. Bila Tserkva, 256 p.
22. Alejne zemlerobstvo. WWF. Pryrodoohoroni rishennja [Alley cropping. WWF. Conservation Solutions.]. Available at: <https://nbs.wwf.ua/methodology/alejne-zemlerobstvo/>
23. Lee, H., Romero, J. (2023). IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1–34. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
24. Zhalilo, A. (2024). Perspektyvy rozvytku agrarnogo sektora Ukrainy v umovah klimatychnykh zmin: analit. dop. [Prospects for the agricultural sector of Ukraine in the context of climate change]. Kyiv, NISD, 47 p. DOI: 10.53679/NISS-analytrep.2024.09
25. Xu, J., Mercado, A., He, J., Dawson, I. (2013). An Agroforestry guide for field practitioners. The World Agroforestry Centre, East Asia, Kunming, China, 63 p.
26. Masal's'kyj, V.P. (2011). Rid Tilia L. u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: Introdukcija, bioekologichni osoblyvosti, perspektyvy vyroshhuvannja: avtoref. dys. ... kand. biol. nauk [The Genus Tilia L. in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: Introduction, Bioecological Features, and Cultivation Prospect: avtoref. diss. candidate of agricultural science]. Kyiv, 20 p.
27. Lozinska, T. (2022). Introduction of innovative techniques in technology of *lavandula angustifolia* in the Forest Steppe of Ukraine. Sciences of Europe. Praha, Czech Republic, no. 97, pp. 3–6. DOI: 10.5281/zenodo.6884377
28. Mackevych, V.V., Kravchenko, N.V., Podgajec'kyj, A.A. (2023). Mikroklonal'ne rozmnozhenja roslin: navchal'no-metodychnyj posibnyk [Microclonal Plant Propagation]. Sumy, 215 p.
29. Pacura, I.M., Petrova, L.M. (2005). Ridkiske ugrupovannja z uchastju buzku uhors'kogo na L'vivshhyni [Rare Grouping Involving Hungarian Lilac in Lviv Region]. Zbirnyk nauko-ve-tehnychnykh prac'. Naukovyj visnyk UkrDLTU [Collection of Scientific and Technical Works. Scientific Bulletin of UkrDLT]. Issue 15.1, pp. 58–61.
30. Zaporozhec', O.I. (2019). Dekoratyvni vlastyvyty ta osoblyvosti vykorystannja v ozelenenni vydiv i kul'tyvariv rodu sadovyj zhasmyn (*Philadelphus* L.) [Decorative Properties and Features of Using Species and Cultivars of the Genus Garden Jasmine (*Philadelphus* L.) in Landscaping]. Novitni tehnologii' v agronomii', zemleustroi' ta sadovo-parkovomu gospodarstvi: materialy dopovidej derzhavnoi'naukovo-praktychnoi' konferencii' studentiv [Modern Technologies in Agronomy, Land Management, and Landscape Gardening: proceedings of the State Scientific-Practical Conference of Students]. Bila Tserkva, pp. 49–50.
31. Mashkovs'ka, S.P., Perebojchuk, O.P. (2024). Ocinka posuhostyjkosti dekoratyvnykh roslin intorodkovanykh vydiv rodu shavlja (*Salvia* L.) v umovah Lisostepu Ukrainy: materialy VII Mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii' «Ternopil's'ki biologichni chytannja – Ternopil Bioscience – 2024», prysvjachenoi' 95-richchju vid dnja narodzhennja vidomogo vchenogo fiziologa, mikrobiologa i popularyzatora nauky, profesora Kuz'my Mykolajovycha Vekirchyka [Evaluation of Drought Resistance of Decorative Plants of Introduced Species of the Genus Sage (*Salvia* L.) in the Conditions of the Forest-Steppe of Ukraine: materials of the VII International Scientific-Practical Conference "Ternopil Biological Readings – Ternopil Bioscience – 2024", dedicated to the 95th anniversary of the birth of the famous scientist physiologist, microbiologist, and popularizer of science, Professor Kuzma Mykolajovykh Vekirchuk]. Ternopil, Vektor, pp. 73–75.
32. Pryvedenjuk, N.V., Kucyk, T.P., Glushhenko, L.A. (2021). Vplyv osnovnogo vnesennja mineral'nykh dobryv ta ploshhi zhyvlennja roslin na jakist' syrovyny chebrejcu zvyčajnogo (*Thymus vulgaris* L.) v umovah zroshennja [Influence of Basic Application of Mineral Fertilizers and Plant Nutritional

Area on the Quality of Common Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Raw Materials under Irrigation Conditions]. *Agroekologichnyj zhurnal* [Agroecological Journal]. no. 2, pp. 125–132. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2021.234471

33. Pryvedenjuk, N.V., Glushhenko, L.A. (2021). Udoshkonalennja elementiv tehnologii' vyroshhuvannya chebrecju zvyčajnogo (*Thymus vulgaris* L.) v umovah zroshennja [Improvement of Elements of Technology for Growing Common Thyme (*Thymus vulgaris* L.) under Irrigation Conditions]. *Visnyk agrarnoi' nauky* [Bulletin of Agrarian Science]. no. 1 (814), pp. 32–39. DOI: 10.31073/agrovisnyk202101-04

Agroforestry: ensuring sustainable development of agroecosystems (review)

Lozinska T., Masalskyi V., Penkova S., Ternovyi Yu.

The article considers the issues of sustainable development of agroecosystems aimed at the efficient use of natural resources, biodiversity conservation, and increased agricultural productivity. In the context of global warming and the impact of military actions in Ukraine, it is important to implement innovative methods of agroforestry and oilseed farming.

The article analyzes current research on the rational use of soil resources, water-saving technologies, biodiversity conservation, and reducing of chemical loads. The role of innovative technologies, such as GIS technologies, drones, satellite monitor-

ing, biotechnology, and agroecological approaches is considered.

The article also highlights the socio-economic aspects of sustainable development of agroecosystems, including rural community development, food security, and the creation of «green jobs». Mixed planting schemes of tree crops and medicinal plants, such as linden and lavender, paulownia and lavender, and other possible mixed planting options are proposed.

The main goal of the article is to show the prospects of agroforestry innovative methods and oilseed farming using to ensure sustainable development of agroecosystems in Ukraine, contributing to environmental conservation, increased economic efficiency, and improved quality of life for rural communities.

It has been shown that the impact of global warming and military actions in Ukraine pose additional challenges to agroecosystems. To overcome them it is important to implement innovative methods such as use of drones, satellite monitoring, biotechnological methods, and agroecological approaches.

The implementation of innovative methods of agroforestry and oilseed farming can ensure sustainable development of agroecosystems in Ukraine, contributing to environmental conservation, increasing economic efficiency, and improving life quality of rural communities.

Key words: agroforestry, sustainable development, agroecosystems, tree species, medicinal plants, oilseed farming, biodiversity.



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.

Масальський В.П.

Пенькова С.В.

Терновий Ю.В.

<https://orcid.org/0000-0002-7119-0759>

<https://orcid.org/0000-0001-8642-7782>

<https://orcid.org/0000-0001-6256-3122>

<https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*23:582.632.2

Генеративна здатність видів роду *Quercus* L. як спосіб підвищення продуктивності дубових насаджень

Масальський В.П.¹ , Лозінська Т.П.¹ , Мордатенко І.Л.²¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН УкраїниE-mail: Масальський В.П. vlad.masalskiy71@gmail.com; Лозінська Т.П. lozinskata@ukr.net;
Мордатенко І.Л. Mangust012@ukr.net

Масальський В.П., Лозінська Т.П., Мордатенко І.Л. Генеративна здатність видів роду *Quercus* L. як спосіб підвищення продуктивності дубових насаджень. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 343–354.

Masalskiy V., Lozinska T., Mordatenko I. Generative capacity of species from the genus *Quercus* L. as a method to enhance the oak plantations productivity. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 343–354.

Рукопис отримано: 28.03.2025 р.

Прийнято: 14.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-343-354

У статті акцентується увага на актуальній проблемі втрати господарсько цінних деревних порід через поширення шкідників і хвороб, спричинених зміною клімату. Наведено приклади масового всихання ясеня звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) від халарового некрозу та ураження дерев роду в'язових (*Ulmus* L.) голландською хворобою. Відсутність ефективних методів контролювання таких грибкових захворювань становить загрозу для біорізноманіття лісів.

Запропоновано розробку стратегій для збереження цінних порід, зокрема дуба звичайного (*Quercus robur* L.), за допомогою інтродукції видів роду *Quercus* з інших флористичних областей. Особливу увагу приділено генеративній функції дубів, яка визначає їхню здатність до цвітіння та плодоношення. Проведено також аналіз морфометричних характеристик насіння, енергії проростання та інших параметрів у Правобережному Лісостепу України.

Розглянуто значення адаптації різних видів роду, що вивчали, до екологічних стресорів (посуха, мороз, забруднення ґрунту) та встановлено, що інтродуковані види (*Quercus rubra* L., *Quercus castaneifolia* С.А.М.) мають високу стійкість до шкідників і хвороб, що сприяє продуктивності насаджень.

Висновки підкреслюють необхідність детального вивчення біоекологічних особливостей інтродукованих видів та створення якісного садивного матеріалу. Інтродукція дубів є перспективним напрямом для адаптації лісових екосистем до змін клімату та підвищення їхньої продуктивності.

Досліджено генеративну здатність *Quercus* L., їхню адаптацію до умов Лісостепу України та перспективи використання в лісовому господарстві. Результати показали, що автохтонний *Q. robur* та види з Північної Америки (*Q. coccinea*, *Q. palustris*, *Q. rubra*) мають високоякісне насіння, а *Q. rubra* демонструє ясне природне поновлення. Запропоновано впровадження інтродукованих видів для підвищення продуктивності та збереження лісових екосистем.

Ключові слова: інтродукція, флористичні області, плодоношення, схожість, доброякісність, енергія проростання, природне поновлення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Реалії сьогодення кидають виклики суспільству в усіх галузях народного господарства, зокрема і лісовому, яке в умовах зміни клімату та поширення нетипових для України шкідників і хвороб втрачає низку видів деревних порід, як господарсько цінних, у зв'язку з недоцільністю їх вирощування. Подібне спостерігали на прикладі роду в'язових (*Ulmus* L.), коли дерева уражуються голландською хворобою (*Ophiostoma ulmi*) і як наслідок переважна їх більшість гине не доживаючи віку 30 років [20].

Останнім часом в Україні характерне масове всихання Ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) від халарового некрозу.

Усихання ясеневих лісів Європи набуло масового прояву і поставило під загрозу виживання ясеня звичайного як виду. Для халарового некрозу характерним проявом є відмирання окремих гілок з подальшим усиханням дерева. В 2010 р. всихання ясеня (*F. excelsior*) стали пов'язувати з грибом *Hymenoscyphus fraxineus*. Незважаючи на широкомасштабні дослідження, досі не знайдено ефективний спосіб захисту від грибка. Крім того, за підрахунками вечних, нині момент в Європі налічується близько 2 млн км² інфікованих рослин. Ареал забруднення – весь європейський континент [3].

У зв'язку з цим необхідно працювати на випередження і не чекати подібних явищ з найбільш цінною деревною породою України дубом звичайним (*Quercus robur* L.) і проводити пошук видів роду дуб з інших флористичних областей, які були б більш продуктивні з погляду народного господарства, більш швидкорослі, більш стійкі до ураження шкідниками і хворобами, та стійкі до глобального потепління.

Генеративна здатність видів роду *Quercus* L. є важливим чинником для підвищення продуктивності дубових насаджень. Вона включає здатність дерев до цвітіння, плодоношення та забезпечення якісного насіння для природного поновлення або створення нових насаджень. Основними аспектами у розкритті цього питання є вивчення цвітіння та плодоношення (види роду *Quercus* L. демонструють різну інтенсивність цвітіння залежно від кліматичних умов та віку дерев, а регулярне плодоношення забезпечує стабільне джерело насіння для відновлення) [1].

Важливими є питання вивчення якості насіння. Генетична різноманітність насіння сприяє адаптації до змін клімату. Висока схожість насіння є ключовою для успішного відновлення насаджень. За результатами про-

ведених науковцями комплексних експериментальних досліджень лісових генетичних ресурсів, внаслідок впливу абіотичних і біотичних чинників навколишнього природного середовища виявлено деструктивні зміни щодо зниження частки основних лісотвірних порід дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у складі деревостанів. На основі проведених досліджень та екологічних моделей генотип – середовище і сорт – середовище дослідниками відібрано кращі генотипи дуба звичайного (*Quercus robur* L.), що відрізняються високою енергією росту та екологічною стійкістю [15].

Збереження біологічного різноманіття можливе завдяки інтродукції рослин. Дослідники стверджують, що за використання інтродукованих видів відбувається збереження їхньої генетичної різноманітності. Інтродукція рослин є одним із найважливіших способів поповнення природного генофонду. Вона дає можливість збагатити флористичні ресурси і збільшити біорізноманіття культурних фітоценозів. Актуальним є вивчення сучасного стану інтродукції та проблеми біорізноманіття лісової рослинності [10].

Інтродукція нових видів дуба, таких як *Quercus rubra* або *Quercus castaneifolia*, може підвищити продуктивність завдяки їхній стійкості до хвороб і шкідників [16].

Результати роботи щодо збереження і відновлення лісових екосистем вказують на необхідність проактивних стратегій для зменшення втрат біорізноманіття [2].

Адаптація видів дуба (*Quercus* L.) до умов середовища відіграє ключову роль у підтриманні їхньої генеративної здатності. Деякі види дубів мають природну стійкість до екологічних стресорів, таких як посуха, морози чи забруднення. Це дозволяє їм забезпечувати стабільне плодоношення і підтримувати лісові насадження навіть в умовах змін клімату [5]. Наприклад, *Quercus ilex* (дуб кам'яний), може виживати в умовах дефіциту вологи завдяки глибокій кореневій системі, *Quercus robur* (дуб звичайний) демонструє високу витривалість до низьких температур у помірному кліматі. Багато видів дубів можуть розвиватися на бідних або кислих ґрунтах, що розширює їхній ареал. Розуміння цих адаптивних механізмів є основою для підвищення продуктивності дубових насаджень та розробки ефективних стратегій лісовідновлення [6, 21].

Для більш широкого застосування інтродуктивних видів в лісовому господарстві необхідно вивчити біоекологічні особливості інтродукованих видів щодо адаптаційної здатності видів до нових умов існування.

Одним з найважливіших критеріїв адаптації виду є його генеративна здатність в умовах інтродукції. Адже якщо рослини виду досягли в умовах інтродукції генеративного віку, значить їх біоекологічні особливості толерантні до нових ґрунтово-кліматичних умов існування і можуть бути використані як лісові культури. Однак питання отримання якісного садивного матеріалу, за таких умов, є першочерговим завданням. Водночас, висока насіннева продуктивність – це основа природного поновлення.

Метою досліджень було дослідити генеративну здатність видів роду *Quercus* L., інтродукованих в Правобережному Лісостепу України.

Завданням досліджень було встановлення кількісних і якісних показників насіння інтродукованих видів роду *Quercus* L. в Правобережному Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Матеріалом вивчення була колекція дубів Державного дендрологічного дендропарку «Олександрія» НАН України та міські насадження м. Біла Церква.

Застосовували наступні методи: біологічні, морфометричні, спостереження, моніторинг, опис, порівняння, аналіз.

Результати дослідження та обговорення. Однією з важливих ознак успішності інтродукції є інтенсивність і якість плодоношення: вони характеризують можливість відбору серед інтродуцентів особин з високою генеративною здатністю, які добре адаптуються до нових умов [7].

Генеративну здатність видів деревних рослин можна поділити на кількісні та якісні показники, які формують якісне лісовідновлення в природних умовах [17].

Кількісні показники генеративної здатності – це рясність плодоношення, яка за умов високої кількості насіння може покрити якісні показники, як це спостерігаємо на прикладі берези, вільхи та інших видів деревних рослин.

Якісні – це морфометричні показники (вага, розміри), доброякісність, енергія проростання тощо.

Плодоношення дубів залежить здебільшого від низки кліматичних і метеорологічних чинників, наявності шкідників і хвороб жолудів, визначається біологічними особливостями кожного виду [18].

Дослідження проводили в насадженнях Державного дендрологічного парку «Олександрія», в якому інтродукція дубів була розпочата в 1861 р., тобто 163 роки тому,

з введенням в культуру Дуба червоного (*Quercus rubra* L.). На сьогодні колекція роду (*Quercus* L.) налічує 11 видів та 3 культивари і є найбільшою в цьому регіоні (табл. 1.) [4].

За даними таблиці 1, основний період інтродукції дубів в дендропарку «Олександрія» проводили у 1956–1959 рр., коли було інтродуковано 11 видів і культиварів роду дуб. Останнім був інтродукований Дуб болотяний (*Q. palustris* Muench.) в 1974 році.

Відомо, що дуби у вигляді насінних дерев, які ростуть у насадженнях, починають плодоносити в 60–70 років, на відкритих ділянках – з 35–40 років [19].

Вік дубів, за якими проводили спостереження, становить майже 70 років, ці дуби вступили в активну генеративну фазу, що дало нам можливість встановити ступінь плодоношення дубів і виявити найбільш перспективні види з погляду насінневої продуктивності.

Під час обстеження рясності утворення плодів застосовували 6-бальну методику В.Г. Капера, де 0 – відсутність врожаю, 5 – відмінний врожай [9, 11]. Одержані результати наведено в таблиці 2.

Отже, як видно з даних таблиці 1, найвищий бал плодоношення («відмінний» – 5 балів) відмічено у автохтонного Дуба звичайного (*Q. robur* L.), Дуба червоного (*Q. rubra* L.), Дуба шарлахового (*Q. coccinea* Muench.) та культивару Дуба звичайного 'Fastigiata' (*Q. robur* 'Fastigiata'). Найнижчі показники плодоношення («слабкий» – 3 бали) були у Дуба каштанового (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.), Дуба грузинського (*Q. iberica* Stev.), Дуба черепичастого (*Q. imbricaria* Michx.), та у культивару Дуба великопилякового (*Q. macranthera* 'Pinnatifida'). Усі інші види мали «добрий» показник плодоношення. Водночас слід зазначити, що показник в 3 бали є цілком прийнятним для задоволення власних потреб господарства (лісництва, або філії), але є недостатнім для промислової заготівлі жолудів.

Отже встановлено, що за рясністю плодоношення переважна кількість інтродукованих видів цілком відповідає умовам Правобережного Лісостепу України і можуть бути використані як насінники.

Крім рясності плодоношення надзвичайно важливими є якісні показники насіння (жолудів), адже за умов недостатньої кількості плодів саме якісні показники здатні компенсувати недолік кількості насіння.

Згідно із завданням, провели роботу з дослідження якісних показників насіння дубів (жолудів).

Таблиця 1 – Колекція роду *Quercus* L. Державного дендрологічного парку «Олександрія»

№	Назва рослин	Рік інтродукції	Місце посадки, ділянка, квартал	Кількість рослин, шт.	Життєва форма	Репродуктивна здатність	Зимостійкість, бал
1	<i>Quercus castaneifolia</i> C.A.Mey. Дуб каштанolistий	1956	12	8	д	пл.	I
2	<i>Q. coccinea</i> Muench Д. шарлаховий	1958	18	1	д	пл.	I
3	<i>Q. dentata</i> Thunb. Д. зубчастий	1958	10,14	12	д	пл.	I
4	<i>Q. hartwissiana</i> Stev. Д. Гартвіца	1959	18	7	д	пл.	I
5	<i>Q. iberica</i> Stev. Д. грузинський	1958	18	1	д	пл.	I
6	<i>Q. imbricaria</i> Michx. Д. черепичастий	1956	Ф,12	3	д	пл.	I
7	<i>Q. macranthera</i> Fisch. et Mey. Д. великопиляковий	1958	10,14	7	д	пл.	I
8	<i>Q. macranthera</i> 'Pinnatifida'	1958	10	5	д	пл.	I
9	<i>Q. palustris</i> Muench. Д. болотяний	1974	14	2	д	пл.	I
10	<i>Q. robur</i> L. Д. звичайний	місц.	1-28, 30,31	>2000	д	пл.	I
11	<i>Q. robur</i> 'Fastigiata'	1959	18	2	д	пл.	I
12	<i>Q. robur</i> 'Pendula'	1958	18	2	д	пл.	I
13	<i>Q. rubra</i> L. Д. червоний	1861	Ф,1,2, 4-7,14, 17,18, 24,28, 30,31	>100	д	пл.	I
14	<i>Q. serrata</i> Thunb. Д. пилчастий	1959	Ф	1	д	пл.	I

Ф – фрутицетум (колекційна ділянка гарноквітухих кущів).

Здатність утворювати життєздатне насіння є важливим критерієм пристосування до нових умов місцезростання. Він відображає здатність виду до самовідновлення і, відповідно, до конкурентної спроможності щодо інших видів, насамперед автохтонних.

Морфометричні показники мають важливе значення в умовах інтродукції. Якщо розміри і маса жолудів мало відрізняються від насіння, яке утворюють рослини в умовах природного ареалу, то такі жолуди містять достатню кількість поживних речовин і відповідно мають кращі показники пристосування до нових умов існування [12].

Масу жолудів визначали згідно з ДСТУ 5036: 2008.: проводили відбір середнього зразка методом хрестового відбору, відраховували 100 жолудів і проводили їх зважування [13].

Доброякісність встановлювали згідно з ДСТУ 8558:2015 методом взрізування жолудів скальпелем і перерахунку здорового насіння відносно загальної кількості [14]. Результати досліджень занесені в таблицю 3.

За даними таблиці 3, значна частина жолудів зібраних в насадженнях дендропарку «Олександрія» пошкоджена шкідниками і хворобами. Це знижує доброякісність до 50–60 %. За умови рясного плодоношення це цілком прийнятний показник.

За літературними джерелами, маса жолудів *Q. robur* коливається від 2,5 до 8,1 г, середня – 5 г. За даними таблиці 3, маса жолудів *Q. robur* зібраних в насадженнях дендропарку «Олександрія» відповідає середньому показнику.

Таблиця 2 – Оцінка плодоношення дубів в умовах м. Біла Церква і Державного дендропарку «Олександрія» НАН України (2024 р.), бал

№	Назва рослин	Бал
1	<i>Quercus castaneifolia</i> C.A. Mey. Дуб каштанolistий	3
2	<i>Q. coccinea</i> Muench Д. шарлаховий	5
3	<i>Q. dentata</i> Thunb. Д. зубчастий	4
4	<i>Q. hartwissiana</i> Stev. Д. Гартвіса	4
5	<i>Q. iberica</i> Stev. Д. грузинський	3
6	<i>Q. imbricaria</i> Michx. Д. черепичастий	3
7	<i>Q. macranthera</i> Fisch. et Mey. Д. великопиляковий	4
8	<i>Q. macranthera</i> 'Pinnatifida'	3
9	<i>Q. palustris</i> Muench. Д. болотний	4
10	<i>Q. robur</i> L. Д. звичайний	5
11	<i>Q. robur</i> 'Fastigiata'	5
12	<i>Q. robur</i> 'Pendula'	4
13	<i>Q. rubra</i> L. Д. червоний	5
14	<i>Q. serrata</i> Thunb. Д. пилчастий	4

Таблиця 3 – Якісні показники жолудів видів і культиварів роду *Quercus* L., що ростуть в насадженнях м. Біла Церква та дендропарку «Олександрія»

№	Вид	Маса 100 жолудів, г	Кількість пошкоджених жолудів, % від загальної кількості			Доброякісність
			шкідниками	хворобами	всього	
1	<i>Q. castaneifolia</i>	280	18	30	48	52
2	<i>Q. coccinea</i>	460	18	26	44	56
3	<i>Q. dentata</i>	280	20	30	50	50
4	<i>Q. hartwissiana</i>	350	16	30	46	54
5	<i>Q. iberica</i>	290	20	30	50	50
6	<i>Q. imbricaria</i>	210	20	28	48	52
7	<i>Q. macranthera</i>	360	16	30	46	54
8	<i>Q. macranthera</i> 'Pinnatifida'	330	18	28	46	54
9	<i>Q. palustris</i>	460	16	24	40	60
10	<i>Q. robur</i>	480	18	28	46	54
11	<i>Q. robur</i> 'Fastigiata',	530	16	26	42	58
12	<i>Q. robur</i> 'Pendula'	350	20	30	50	50
13	<i>Q. rubra</i>	510	18	24	42	58
14	<i>Q. serrata</i>	230	18	30	48	52

Водночас провели порівняльну характеристику маси жолудів інтродукованих видів дуба, зібраних в умовах дендропарку «Олександрія». За результатами досліджень встановили, що за показником маси жолудів дуби можна поділити на 3 групи:

1. Високий показник визрівання жолудів (середня маса жолудів більше 4,5 г). Такі види є найбільш перспективними для інтродукції з погляду визрівання та запасу достатньої кількості поживних речовин для природного поновлення і штучного розведення для введення в лісові культури України. До цієї групи віднесли автохтонний вид *Q. robur* (4,8 г) та його культивар *Q. robur* 'Fastigiata' (5,3 г), а також види інтродуковані з Північної Америки *Q. palustris* (4,6 г), *Q. coccinea* (4,5 г) та *Q. rubra* (5,1 г).

2. Достатній показник визрівання жолудів (середня маса жолудів від 3,0 г до 4,4 г). Види, що належать до цієї групи, визрівають і встигають застатися достатньою кількістю поживних речовин для насінневого розмноження в культурі. До цієї групи належать види з Кавказу, Малої Азії, *Q. hartwissiana* (3,5 г), *Q. macranthera* (3,6 г), її культивар *Q. macranthera* 'Pinnatifida' (3,3 г), культивар автохтонного виду *Q. robur* 'Pendula' (3,5 г).

3. Умовно достатній ступінь визрівання жолудів (жолуді мають середню масу меншу за 3 г). Такі види можна розмножувати насінним способом в культурі, однак для природного поновлення ці види мають недостатню кількість поживних речовин у жолудях для конкурентної боротьби з автохтонними видами. До цієї групи належать види з Кавказу, Туреччини, Північного Ірану, Малої Азії *Q. castaneifolia* (2,8 г), *Q. iberica* (2,9 г), з Японії, Кореї, Китаю, Далекого Сходу *Q. dentata* (2,8 г), з Північної Америки *Q. imbricaria* (2,1 г), Східноазійський вид *Q. serrata* (2,3 г).

Отже, на підставі аналізу таблиці 3, можна зробити висновок, що найбільш перспективними для інтродукції в Україні з погляду визрівання і якості насіння є види з Північної Америки, менш перспективними – із Кавказу, Середньої та Малої Азії.

Крім морфометричних показників жолудів дуба та їх доброякісності, важливе значення для розмноження виду має схожість насіння – важливий якісний показник насіння, який характеризує рівень адаптації до нових умов існування.

Схожість – це кількість нормально пророслого насіння, виражене у відсотках до проби, взятої для аналізу. До нормально про-

рослого відносять насіння, яке має корінець не менше довжини насінини і паросток не менше половини довжини насіння. Схожість буває лабораторна (нормується стандартом) і польова [17].

Польова схожість – це кількість сходів, виражене у відсотках до числа сіяних схожих насінин. Оскільки в полі неможливо створити оптимальні умови, як в лабораторії, то польова схожість зазвичай нижче лабораторної. У зв'язку з тим, що не мали змоги визначити лабораторну схожість, визначали польову схожість жолудів деяких видів дуба [8].

Ще один важливий показник якості насіння – енергія проростання. Це відсоток пророслого насіння за певний термін (3–4 діб). Визначається практично одночасно зі схожістю. Характеризує здатність насіння давати в польових умовах дружні і рівні сходи, а значить, хорошу вирівняність і виживання рослин. Різницю між енергією проростання і схожістю називають показником зрілості насіння (різниця до 10 % – насіння дозріле, більше 10 % – фізіологічно незріле) [8].

Енергію проростання визначали спрощеним методом у природних умовах на сьому добу після появи перших сходів, оскільки визначення зазначеного показника за загальноприйнятими методиками було обмежено низкою об'єктивних причин (щоденно їздити в дендропарк «Олександрія» і проводити спостереження). Результати досліджень з визначення показників зрілості насіння, схожості і енергії проростання жолудів інтродукованих видів роду *Quercus*, що ростуть в Дендрологічному парку «Олександрія» занесено в таблицю 4.

За результатами проведеного спостереження, які висвітлені в таблиці 4, можна зробити висновки, що інтродуковані види дуба (*Q. coccinea*, *Q. palustris*, *Q. rubra*) та автохтонний *Q. robur* і його культивар *Q. robur* 'Pendula', які мають більші за розмірами жолуді, мають і більший запас поживних речовин, необхідних для успішного розвитку проростка, вирізняються більшою енергією проростання і є дозрілими в умовах Правобережного Лісостепу України.

Після встановлення кількісних і якісних показників жолудів, провели дослід з відпаду пророслих сіянців інтродукованих видів дуба, що ростуть в дендропарку «Олександрія». Результати досліджень занесено в таблицю 5.

Таблиця 4 – Показник зрілості насіння, схожості і енергії проростання жолудів інтродукованих видів дубів, що ростуть в Державному дендрологічному парку «Олександрія» НАНУ

№	Вид	Схожість, %	Енергія проростання, %	Зрілість жолудів
1	<i>Q. castaneifolia</i>	80	60	недозрілі
2	<i>Q. coccinea</i>	90	85	дозрілі
3	<i>Q. dentata</i>	75	60	недозрілі
4	<i>Q. hartwissiana</i>	80	80	дозрілі
5	<i>Q. iberica</i>	80	65	недозрілі
6	<i>Q. imbricaria</i>	75	55	дозрілі
7	<i>Q. macranthera</i>	85	80	дозрілі
8	<i>Q. macranthera</i> 'Pinnatifida'	90	80	дозрілі
9	<i>Q. palustris</i>	90	85	дозрілі
10	<i>Q. robur</i>	90	85	дозрілі
11	<i>Q. robur</i> 'Fastigiata',	85	80	дозрілі
12	<i>Q. robur</i> 'Pendula'	80	75	дозрілі
13	<i>Q. rubra</i>	95	90	дозрілі
14	<i>Q. serrata</i>	70	55	недозрілі

Таблиця 5 – Відпад сіянців інтродукованих видів дуба, що ростуть в дендропарку «Олександрія», %

№	Вид	%
1	<i>Q. castaneifolia</i>	20
2	<i>Q. coccinea</i>	5
3	<i>Q. dentata</i>	15
4	<i>Q. hartwissiana</i>	15
5	<i>Q. iberica</i>	10
6	<i>Q. imbricaria</i>	10
7	<i>Q. macranthera</i>	15
8	<i>Q. macranthera</i> 'Pinnatifida'	10
9	<i>Q. palustris</i>	5
10	<i>Q. robur</i>	5
11	<i>Q. robur</i> 'Fastigiata',	10
12	<i>Q. robur</i> 'Pendula'	15
13	<i>Q. rubra</i>	5
14	<i>Q. serrata</i>	15

На підставі проведених спостережень встановлено тенденцію щодо відпаду сіянців дуба. Види, які мають менші жолуді, мають більший відпад сіянців, можливо тому, що менший запас поживних речовин, необхідних для успішного розвитку проростка призводить до загибелі більшої кількості сіянців.

Було проведено польові дослідження з встановлення природного поновлення дубів у насадженнях дендрологічного парку «Олександрія». Відмічено рясне природне поновлення *Q. rubra* під наметом насаджень дуба червоного, вік якого становить 80 років, а діаметр дерев 72 см (рис. 1).

Встановлено, що самосів дуба червоного настільки рясний, що повністю замінив ґрунтопокривні рослини (рис. 2). Підраховано, що на 1 кв.м. росте у середньому 70 сіянців. Вони мають здоровий вигляд і в перспективі можуть створити природні насадження.

У разі необхідності сіянці *Q. rubra* природного походження можна використати для створення лісових культур.

Під наметом інших видів роду *Quercus*, природне поновлення не було відмічено. Навіть під наметом автохтонного виду *Q. robur* сіянці природного походження зустрічаються поодинокі.

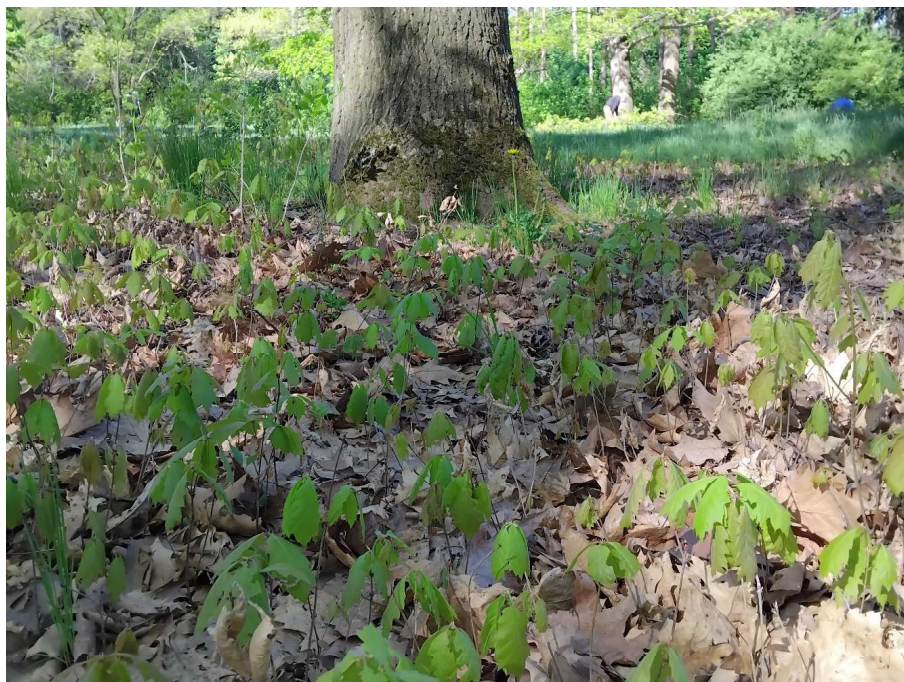


Рис. 1. Сіянци під наметом *Q. rubra*. Природне поновлення.



Рис. 2. Самосів *Q. rubra*, 70 шт/м².

Висновки. На підставі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Встановлено, що за рясністю плодоношення переважна кількість інтродукованих видів цілком відповідає умовам Правобережного Лісостепу України і можуть бути використані як насінники. Найвищий бал плодоношення відмічено у автохтонного дуба звичайного (*Q. robur* L.), дуба червоного (*Q. rubra* L.), дуба шарлахового (*Q. coccinea* Muench.) та культивару дуба звичайного 'Fastigiata' (*Q. robur* 'Fastigiata').

2. Визначено середні показники маси жолудів видів роду *Quercus*. За результатами досліджень дуби розподілено на 3 групи:

а) високий показник визрівання жолудів (середня маса жолудів більше 4,5 г). До цієї групи віднесли автохтонний вид *Q. robur* (4,8 г) та його культивар *Q. robur* 'Fastigiata' (5,3 г), та види інтродуковані з Північної Америки *Q. palustris* (4,6 г), *Q. coccinea* (4,5 г) та *Q. rubra* (5,1 г).

б) достатній показник визрівання жолудів (середня маса жолудів від 3,0 г до 4,4 г). До цієї групи належать види з Кавказу, Малої Азії, *Q. hartwissiana* (3,5 г), *Q. macranthera* (3,6), її культивар *Q. macranthera* 'Pinnatifida' (3,3), культивар автохтонного виду *Q. robur* 'Pendula' (3,5 г).

в) умовно достатній ступінь визрівання жолудів (жолуді мають середню масу меншу за 3 г). До цієї групи належать види з Кавказу, Туреччини, Північного Ірану, Малої Азії *Q. castaneifolia* (2,8 г), *Q. iberica* (2,9 г), з Японії, Кореї, Китаю, Далекого Сходу *Q. dentata* (2,8 г), з Північної Америки *Q. imbricaria* (2,1 г), Східноазійський вид *Q. serrata* (2,3 г).

3. Встановлено, що інтродуковані види дуба (*Q. coccinea*, *Q. palustris*, *Q. rubra*) та автохтонний *Q. robur* і його культивар *Q. robur* 'Pendula' вирізняються більшою схожістю, яка становить 90–95 %, та вищою енергією проростання.

4. Встановлено тенденцію щодо відпаду сіянців дуба. Види дуба: *Q. coccinea*, *Q. palustris*, *Q. rubra*, *Q. robur*, *Q. robur* 'Pendula' призводять до загибелі більшої кількості сіянців.

5. Відмічено рясне природне поновлення *Q. rubra*. Встановлено, що на 1 кв.м. під наметом насаджень дуба червоного, вік якого становить 80 років, росте у середньому 20 сіянців.

6. Отже, з погляду генеративної здатності для підвищення продуктивності лісів можемо рекомендувати впровадження в лісові культури такі інтродуковані види роду *Quercus* L.: *Q. coccinea*, *Q. palustris*, *Q. rubra*.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барна М.М., Барна Л.С., Карплюк Н.А. Морфогенез генеративних органів ранньої (Var. *Praecox czern.*) і пізньої (Var. *Tardiflora czern.*) форм дуба звичайного (*Quercus robur* L.). *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Біологія*. 2017. № 3(70). С. 10–22.
2. Безлатня Л.О., Матківський М.П., Лозінська Т.П. Біорізноманіття як основа екосистемних послуг: оцінка, збереження та відновлення. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 135. Ч. 1. С. 12–19.
3. Головне управління Держпродспоживслужби в Київській області. URL: <https://dpssko.gov.ua/blog/2022/08/16/халаровий-некроз-ясеня/>
4. Каталог деревних рослин дендрологічного парку «Олександрія» НАН України / С.І. Галкін та ін. Біла Церква, 2008. 14 с.
5. Коваль І.М. Кліматичний сигнал у регіональній деревно-кільцевій хронології дуба звичайного (*Quercus robur* L.) Лівобережного Лісостепу. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2020. Вип. 137. С. 71–81. DOI: 10.33220/1026-3365.137.2020.72
6. Косаківська І.В., Войтенко Л.В., Васюк В.А., Щербатюк М.М. Морфологічні, фізіологічні і молекулярні складові адаптаційної відповіді представників роду *Quercus* (*Fagaceae*) на посуху. *Ukrainian Botanical Journal*. 2023. 80(3) С. 251–267 DOI: 10.15407/ukrbotj80.03.251
7. Кохно М.А. Інтродукція деревних рослин в Україні: здобутки й перспективи. *Інтродукція рослин*. 1999. № 1. С. 27–29.
8. Хрик В.М., Левандовська С.М., Лозінська Т.П. Лісове насінництво: методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 205 – Лісове господарство. Біла Церква, 2019. 58 с.
9. Гордієнко М.І., Корецький Г.С., Маурер М.В. Лісові культури. Київ: Вид-во «Сільгоспосвіта», 1995. 328 с.
10. 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.
11. Масальський В.П. Особливості плодоношення дерев роду *Tilia* L. Проблеми збереження, відновлення та стабілізації степових екосистем. *Маріуполь*, 2011. С. 163–167.
12. Масальський В.П. Морфометричні показники насіння видів роду *Tilia* L.: матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю». Біла Церква, 2018. С. 33–34.
13. ДСТУ 5036:2008. Насіння дерев та кущів. Методи відбирання проб, визначення чистоти, маси 1000 насінин та вологості. [Чинний від

2009-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 45 с.

14. ДСТУ 8558:2015. Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності). [Чинний від 2017-01-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 87 с.

15. Лісові генетичні ресурси у контексті збереження біорізноманіття Вінниччини: монографія / І.С. Нейко та ін. Вінниця: ТВОРИ, 2022. 500 с.

16. Познякова С.І. Дендрологічний парк Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва – центр інтродукції та збереження біологічного різноманіття в Лівобережному Лісостепу України. Achievements of Ukraine and the eu in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences: collective monograph. Lublin, 2021. Vol. 3. P. 50–74. DOI: 10.30525/978-9934-26-086-5-36

17. Роговський С.В., Масальський В.П., Лавров В.В. Сучасні технології в розсадництві: навч.-метод. посіб. до вивчення дисципліни для студентів агробіотехнологічного факультету освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 206 – садово-паркове господарство. Біла Церква, 2018. 184 с.

18. Слепих А.А., Коршиков И.И. Плодоношення дуба та формове різноманіття жолудів дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в природних та штучних дібровах південного сходу України. Вісник ОНУ. Біологія. Одеса, 2017. Т. 22. Вип. 2(42). С. 21–37.

19. Шумік М.І. Біоекологічні особливості видів роду *Quercus* L. в умовах техногенного та урбанізованого середовища: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.01. Київ, 1995. 188с.

20. Циліорик А.В., Шевченко С.В. Лісова фітопатологія: підручник. Київ: Вид-во КВІЦ, 2008. 464 с.

21. Shpak N., Shlapak V., Leontyak G. Особливості культивування насаджень дуба звичайного за участю береки лікарської в умовах Південного Поділля. Scientific Bulletin of UNFU. 2017. 27(3). С. 71–74. DOI: 10.15421/40270315

REFERENCES

1. Barna, M.M., Barna, L.S., Karpljuk, N.A. (2017). Morfogenez generatyvnyh organiv rann'oi' (Var. Praecox czern.) i pizn'oi' (Var. Tardiflora czern.) form duba zvyčajnogo (*Quercus robur* L.) [Morphogenesis of generative organs of early (Var. Praecox czern.) and late (Var. Tardiflora czern.) forms of common oak (*Quercus robur* L.)]. Nauk. zap. Ternop. nac. ped. un-tu. Biologia [Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University. Biology]. no. 3(70), pp. 10–22.

2. Bezlatnija, L.O., Matkivs'kyj, M.P., Lozins'ka, T.P. (2024). Bioriznomanittja jak osnova ekosystemnyh poslug: ocinka, zberezhenntja ta vidnovlennja [Biodiversity as the basis of ecosystem services: assessment, conservation and restoration]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. no. 135, Part 1, pp. 12–19.

3. Golovne upravlinnja Derzhprodsposhyvsluzhby v Kyi'vs'kij oblasti [Main Department of the State Service for Food and Consumer Protection in the Kyiv Region] Available at: <https://dpssko.gov.ua/blog/2022/08/16/halarovyj-nekroz-jasinja/>

4. Galkin, S.I., Galkina, N.S., Gajdamak, V.M. (2008). Katalog derevnyh roslyn dendrologichnogo parku «Oleksandrija» NAN Ukrai'ny [Catalog of woody plants of the Dendrological Park "Olexandria" of the NAS of Ukraine]. Bila Tserkva, 14 p.

5. Koval', I.M. (2020). Klimatychnyj sygnal u regional'nij derevno-kil'cevij hronologii' duba zvyčajnogo (*Quercus robur* L.) Livoberezhnogo Lisostepu [Climatic signal in the regional tree-ring chronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) of the Left-Bank Forest-Steppe]. Lisivnytstvo i agroli-somelioracija [Forestry and agroforestry]. Issue 137, pp. 71–81. DOI: 10.33220/1026-3365.137.2020.72

6. Kosakivs'ka, I.V., Vojtenko, L.V., Vasjuk, V.A., Shherbatjuk, M.M. (2023). Morfologichni, fiziologichni i molekularni skladovi adaptacijnoi' vidpovidi predstavnykiv rodu *Quercus* (Fagaceae) na posuhu [Morphological, physiological and molecular components of the adaptive response of representatives of the genus *Quercus* (Fagaceae) to drought]. Ukrainian Botanical Journal. no. 80(3), pp. 251–267. DOI: 10.15407/ukrbotj80.03.251

7. Kohn, M.A. (1999). Introdukciya derevnyh roslyn v Ukrai'ni: zdobutky j perspektyvy [Introduction of woody plants in Ukraine: achievements and prospects]. Introdukciya roslyn [Plant introduction]. no. 1, pp. 27–29.

8. Hryk, V.M., Levandovs'ka, S.M., Lozins'ka, T.P. (2019). Lisove nasinnnytvo: metodychni rekomendacii' dlja vykonannja praktychnykh robot zdobuvachamy vyshhoi' osvity pershogo(bakalavrs'kogo) rivnja special'nosti 205 – Lisove gospodarstvo [Forest seed production: methodological recommendations for practical work by first-year (bachelor's) level higher education students in specialty 205 – Forestry]. Bila Tserkva, 58 p.

9. Gordijenko, M.I., Korec'kyj, G.S., Maurer, M.V. (1995). Lisovi kul'tury [Forest crops]. Kyiv, Publishing house "Agricultural Education", 328 p.

10. Lozins'ka, T.P., Jacenko, V.M. (2021). Introdukciya jak zasib pidvyshhennja lisystosti ta metod pokrashhennja vydovogo skladu lisovyh nasadzen' i zbil'shennja bioriznomanittja [Introduction as a means of increasing forest cover and a method of improving the species composition of forest stands and increasing biodiversity]. Vyvchenntja i zberezhenntja bioriznomanittja biocenoziv Ukrai'ny: materialy Vseukrai'ns'koi' naukovopraktychnoi' konferencii' zdobuvachiv vyshhoi' osvity i molodyh vchenykh [Study and preservation of biodiversity of biocenoses of Ukraine: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education students and young scientists]. Bila Tserkva, pp. 26–28.

11. Masal's'kyj, V.P. (2011). Osoblyvosti plodonoshennja derev rodu *Tilia* L. [Peculiarities of fruiting of trees of the genus *Tilia* L.]. Problemy zberezhennja, vidnovlennja ta stabilizacii stepovyh ekosystem [Problems of preservation, restoration and stabilization of steppe ecosystems]. Mariupol, pp. 163–167.
12. Masal's'kyj, V.P. (2018). Morfometrychni pokaznyky nasinnja vydiv rodu *Tilia* L.: materialy mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii' «Suchasni problemy vedennja sil's'kogo gospodarstva ta pidgotovky fahivciv agramogo profilju» [Morphometric parameters of seeds of species of the genus *Tilia* L.: materials of the international scientific and practical conference "Modern problems of agricultural management and training of agricultural specialists"]. Bila Tserkva, pp. 33–34.
13. DSTU 5036:2008. Nasinnja derev ta kushhiv. Metody vidbyrannja prob, vyznachennja chystoty, masy 1000 nasynyn ta vologosti [DSTU 5036:2008. Seeds of trees and shrubs. Methods of sampling, determination of purity, mass of 1000 seeds and moisture]. [Chynnyj vid 2009-01-01] [Effective from 2009-01-01]. Kyiv, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2009, 45 p.
14. DSTU 8558:2015. Nasinnja derev i kushhiv. Metody vyznachennja posivnyh jakostej (shozhosti, zhyttjezdatsnosti, dobrojakisnosti) [DSTU 8558:2015. Seeds of trees and shrubs. Methods for determining sowing qualities (germination, viability, good quality)]. [Chynnyj vid 2017-01-01] [Effective from 2017-01-01]. Kyiv, DP «UkrNDNC», 2017, 87 p.
15. Nejko, I.S., Mudrak, G.V., Nejko, O.V., Didur, I.M., Matusjak, M.V., Kozak, Ju.V. (2022). Lisovi genetychni resursy u konteksti zberezhennja bioriznomanittja Vinnychchyny: monografija [Forest genetic resources in the context of biodiversity conservation in Vinnytsia region]. Vinnytsia, TVO-RY, 500 p.
16. Poznjakova, S.I. (2021). Dendrologichnyj park Harkivs'kogo nacional'nogo agramogo universytetu imeni V.V. Dokuchajeva – centr introdukcii' ta zberezhennja biologichnogo riznomanittja v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrai'ny [Dendrological Park of the V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University is a center for the introduction and conservation of biological diversity in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Achievements of Ukraine and the eu in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences: collective monograph. Lublin, Vol. 3, pp. 50–74. DOI: 10.30525/978-9934-26-086-5-36
17. Rogovs'kyj, S.V., Masal's'kyj, V.P., Lavrov, V.V. (2018). Suchasni tehnologii' v rozsadnytvi: navchal'no-metodychnyj posibnyk do vyvchenja dyscypliny dlja studentiv agrobiotehnologichnogo fakul'tetu osvith'o-kvalifikacijnogo rivnja magistr za special'nistju 206 – sadovo-parkove gospodarstvo [Modern technologies in nurseries: educational and methodological manual for studying the discipline for students of the Faculty of Agrobiotechnology with the educational and qualification level of Master in specialty 206 – Horticulture]. Bila Tserkva, 184 p.
18. Slep'yh, A.A., Korshykov, Y.Y. (2017). Plodonoshennja duba ta formove riznomanittja zholudiv duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) V pryrodnyh ta shtuchnyh dibrovah pivdenного shodu Ukrai'ny [Oak fruiting and morphological diversity of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) acorns in natural and artificial oak forests of southeastern Ukraine]. Visnyk ONU. Biologija [Bulletin of ONU. Biology]. Odesa, Vol. 22, Issue 2(42), pp. 21–37.
19. Shumik, M.I. (1995). Bioekologichni osoblyvosti vydiv rodu *Quercus* L. v umovah tehnogenного ta urbanizovanого seredovyshha: dys. ... kand. biol. nauk: 03.00.01 [Bioecological features of species of the genus *Quercus* L. in technogenic and urbanized environments: diss. of Candidate of Biological Sciences: 03.00.01]. Kyiv, 188 p.
20. Cyljuryk, A.V., Shevchenko, S.V. (2008). Lisova fitopatologija: pidruchnyk [Forest phytopathology]. Kyiv, KVIC Publishing House, 464 p.
21. Shpak, N., Shlapak, V., Leontyak, G. (2017). Osoblyvosti kul'tyvuvannja nasadzen' duba zvyčajnogo za uchastju bereky likars'koi' v umovah Pivdenного Podillja [Peculiarities of cultivation of holm oak plantations with the participation of common birch in the conditions of Southern Podillia]. Scientific Bulletin of UNFU. no. 27(3), pp. 71–74. DOI: 10.15421/40270315/

Generative capacity of species from the genus *Quercus* L. as a method to enhance the oak plantations productivity

Masalskyi V., Lozinska T., Mordatenko I.

The article highlights the urgent issue of losses of economically valuable tree species due to pests and diseases spread caused by climate changes. Examples of mass dieback of common ash (*Fraxinus excelsior* L.) due to chalar necrosis and infection of *Ulmus* L. trees with Dutch elm disease are provided. The lack of effective control measures against such fungal diseases poses a significant threat to forests biodiversity.

A strategy for preserving valuable species, particularly common oak (*Quercus robur* L.), through the introduction of *Quercus* L. species from other floristic regions is proposed. Special attention is given to the generative capacity of oaks, which determines their ability to flower and bear fruit. Additionally, an analysis of seed morphometric characteristics, germination energy, and other parameters in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine was conducted.

The adaptation values of various studied species to environmental stressors (drought, frost, soil pollution) were considered and it was established that the introduced species (*Quercus rubra* L.,

Quercus castaneifolia C.A.M.) have high resistance to pests and diseases, which contributes to plantation productivity.

The conclusions emphasize the necessity of detailed research into the bioecological features of introduced species and development of high-quality planting material. Oaks introduction is a promising approach to adapting forest ecosystems to climate changes and increasing their productivity.

Generative capacity of *Quercus L.* species, their adaptation to the conditions of the Forest-

Steppe of Ukraine, and the prospects of their use in forestry have been examined. The results showed that the native *Q. robur* and North American species (*Q. coccinea*, *Q. palustris*, *Q. rubra*) produce high-quality seeds, *Q. rubra* demonstrates abundant natural renewal. The introduction of these species is recommended to enhance productivity and preserve forest ecosystems.

Key words: introduction, floristic regions, fruiting, germination, high quality, germination energy, natural regeneration.



Copyright: Масальський В.П., Лозінська Т.П., Мордатенко І.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.

ORCID iD:

Масальський В.П.

<https://orcid.org/0000-0001-8642-7782>

Лозінська Т.П.

<https://orcid.org/0000-0002-7119-0759>



ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630.4:632.7:635.9:58.07

Сосновий насіннєвий клоп *Leptoglossus occidentalis* Н. – інвазійний шкідник, який розширив ареал шкодочинності**Стюрко М.О. , Овчиннікова О.П. ***Львівський національний університет природокористування*

Стюрко М.О. E-mail: m.styrko@gmail.com



Стюрко М.О., Овчиннікова О.П. Сосновий насіннєвий клоп *Leptoglossus occidentalis* Н. – інвазійний шкідник, який розширив ареал шкодочинності. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 355–362.

Styrko M., Ovchinnikova O. The pine seed bug *Leptoglossus occidentalis* H. is an invasive pest that expanded its area of harmfulness. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 355–362.

Рукопис отримано: 12.02.2025 р.

Прийнято: 27.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-355-362

Паркові та лісові насадження є легенями нашої планети. Вони постійно підлягають впливу різних чинників навколишнього середовища, що призводять до значних скорочень площ під ними. Це, зокрема впливає на значне зменшення біорізноманіття природних екосистем. Істотним чинником, що впливає на кількість та видовий склад рослин є шкідники. Шкідливі комахи є чи не одним з найбільших ворогів природних та штучних насаджень. Інвазійні види комах несуть особливу шкоду. У результаті розширення видів, які визнані інвазивними, на сьогодні збереглося не більше 40 % природних екосистем планети. Значна кількість країн намагаються на законодавчому рівні запобігти та контролювати інтродукцію й поширення інвазивних чужорідних видів на своїх територіях. Однак не у всіх це виходить робити вчасно. На жаль, до переліку шкідливих організмів в Україні включено не всі організми, які становлять загрозу для рослинних насаджень країни. Сосновий насіннєвий клоп (*Leptoglossus occidentalis* Н.) є інвазійним шкідником, який був завезений на континент Євразія з Американських континентів. Це нетиповий шкідник для хвойної рослинності нашої території. Однак через високу здатність до адаптації він заселив вже всю площу України. Сосновий насіннєвий клоп наносить шкоду більше ніж 40-ка видам хвойних рослин. Комаха харчується молодими і зрілими шишками, знищуючи повністю або частково насіння. Отримання якісного повноцінного насіння є важливою складовою у майбутній закладці молодих насаджень та отриманні дружніх й повноцінних сходів для позитивної самовідновлювальної здатності хвойних насаджень. Метою досліджень було зафіксувати присутність соснового насінневого клопа на території Львівської області та визначити кількість продуктивних поколінь, які комаха має за рік. Встановлено, що шкідник розширив свій ареал проживання та харчування до західних меж Львівської області, чого не фіксували раніше. Вивчення особливостей та прояву шкодочинності соснового насінневого клопа на сьогодні є недостатніми. У зв'язку з цим відсутні рекомендації щодо захисних заходів для запобігання масового розмноження шкідника. Тому проблема захисту й збереження продуктивних насаджень хвойних порід дерев наразі залишається невирішеною.

Ключові слова: шкідник, інвазивний вид, пошкодження, сосновий насіннєвий клоп, *Leptoglossus occidentalis* Н., сосна, ліс, біорізноманіття.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Паркові та лісові насадження постійно зазнають шкоди, що призводить до негативного впливу на їх стан: людина вирубує ліси, парки та заповідні ділянки нашої країни; а шкідники та хвороби знижують якість рослин. У часи масового розмноження шкідливих комах чи епіфітотій хвороб пошкодження насаджень може становити значний відсоток від загального об'єму рослин. Загалом, зовнішньому та функціональному стану насаджень може бути нанесена не виправна шкода, за якої, інколи, доцільно старі рослини цілеспрямовано замінити на нові неушкоджені. Значним чинником, який може суттєво впливати на стан садово-паркових насаджень є шкідливі комахи, особливо інвазійні види [1]. Ця проблема є однією з найважливіших викликів сучасності та значною загрозою для біорізноманіття природних екосистем. Інвазійні види несуть особливу шкоду, оскільки рослини не адаптовані до шкідника і люди не мають досвіду у захисті насаджень від них.

Інвазійний вид – це чужорідний вид рослин чи тварин, завезений на певну територію випадково або цілеспрямовано, який пристосувався до умов навколишнього середовища й активно розмножується, захоплюючи нові території й наносячи шкоду наявним аборигенним видам [2, 3]. Загрозою для навколишнього середовища є те, що біорізноманіття екосистеми біднішає й втрачаються природні, типові види рослин для певного регіону. Внаслідок розширення видів, які визнані інвазивними, на сьогодні збереглося не більше 40% природних екосистем планети.

У Європейському Союзі діє чинний регламент щодо запобігання та управління інтродукцією і поширенням інвазивних чужорідних видів, наявний перелік інвазивних видів, розміщений на офіційному веб-сайті Європейської комісії [4].

В Україні також є перелік регульованих шкідливих організмів, який налічує більше 200 представників, однак не всі шкідники, що несуть значну шкоду для рослин та загалом для біорізноманіття місцевої флори включені до нього [5].

Мета досліджень. На основі огляду літературних джерел та за результатами власних досліджень зафіксувати присутність соснового насінневого клопа (*Leptoglossus occidentalis* H.) на території Львівської області та визначити кількість продуктивних поколінь, які комага має за рік.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження по виявленню соснового насінневого клопа (*Leptoglossus occidentalis* H.)

на території західного Лісостепу України вели впродовж 2023–2025 рр. Проводили загальний (стандартний) моніторинг у лісо-насадженнях сосни звичайної Жовківського лісового господарства Львівської області.

Результати досліджень та обговорення. Сосновий насінневий клоп (*Leptoglossus occidentalis* H.) належить до родини Крайовики (ромбовики) (*Coreidae*), вперше було зафіксовано і описано за зібраними екземплярами у Сполучених Штатах Америки в Каліфорнії. Першим ареалом проживання соснового насінневого клопа вважається територія від Мексики до південного узбережжя Тихого океану Канади [6]. Однак з кожним наступним роком ареал шкідливості клопа розширювався й досяг атлантичного узбережжя США. Із Американських континентів до Євразії сосновий насінневий клоп проник наприкінці XX ст., у 1999 році вперше був зафіксований на півночі Італії.

Розширенню клопа, вважають, слугувало як пасивне розселення, завдяки неконтрольованому перевезенню пиломатеріалів, без пройденого належним чином повноцінного фітосанітарного контролю; використання несертифікованого посадкового матеріалу, без належного контролю на зараженість; різними рештками хвойних рослин. Так і спроможністю комага долати значні відстані за допомогою польоту [7]. Такі розселення шкідника досить важко контролювати, особливо комага що мають велику плодючість.

У 2010 р. вперше було зафіксовано шкідника в Україні поблизу м.Сімферополь та сусідній Запорізькій області. 2011 р. клоп розширив ареал свого існування на Дніпропетровську та Донецьку області.

У 2023 р. спеціалістами кафедри генетики, селекції та захисту рослин Львівського національного університету природокористування, проводячи огляд садово-паркових та лісових насаджень на наявність комах-шкідників, у насадженнях сосни звичайної на території Львівській області Жовківського лісового господарства було зафіксовано присутність соснового насінневого клопа (*Leptoglossus occidentalis* H.). Виявлено шкідника у масовому розмноженні (імаго та німфи), що може свідчити про розширення виду на цій території роками раніше (рис. 1, 2).

Сосновий насінневий клоп у ареалах свого первинного життя за рік розвивається у одному поколінні, але розширивши ареал життя до Мексики, відповідно в тепліші регіони, де за рік розвивається у трьох поколіннях. Розвиток соснового клопа на південній частині Європи зафіксований у двох поколіннях [7].



Рис. 1. Німфа.



Рис. 2. Імаго та німфи.

Для перезимівлі сосновий насіннєвий клоп вибирає старі будівлі, необжиті приміщення, балкони та горища, відсталу від стовбура кору, відмерлу деревину, гнізда птахів, що сприяє його хорошій перезимівлі. Зимуює імаго, утворюючи скупчення. У сонячні теплі зимові дні може виходити для харчування уже в січні. 28 січня 2025 року, за настання денної температури +13, у Львівській області Жовківського району спостерігали активних імаго соснового клопа (рис. 3). Тобто, за таких теплих днів комаха виходить зі своїх місць зимівлі й починає харчування, чим розширює період своєї шкодочинності на рослинах.

Розмір імаго – 14–20 мм. Самка відкладає яйця рядком на хвою (рис. 4), прикріплюючи їх клейкими речовинами статевих виділень, розвиток триває 5 тижнів, німфи (рис. 5) схожі до імаго й проходять п'ять віків розвитку [8]. Відкладання яєць комахою відбувається не одночасно, а в період до двох-трьох тижнів. Тому під час розвитку шкідника у одному поколінні спостерігаємо різні стадії його розвитку (рис. 1, 2).

Харчується сосновий насіннєвий клоп, тобто наносить пряму шкоду більше ніж 40-ка видам хвойних рослин. Дорослі комахи та німфи харчуються молодими і зрілими шишками. Під час харчування клоп хоботком пробиває оболонки шишки аж до насіння. Ферменти виділені клопом у шишку, розчиняють вміст ендосперму насінини, яким потім клоп харчується. За харчування насінниною на ран-

ніх стадіях розвитку, відбувається її втрата, а зрілим насінням – може призводити до пустотілості, несформованості. Внаслідок цього відбувається втрата насіннєвого матеріалу, з якого отримують молоді насадження, або визріє несформоване насіння, яке не має схожості. Схожість є головним показником якості насіннєвого матеріалу [9]. Вона може бути різною, залежно від року вирощування та повністю втраченою внаслідок харчування шкідником. Отримання якісного повноцінного насіння є важливою складовою за майбутньої закладки молодих насаджень та отримання дружніх й повноцінних сходів [10, 11]. Водночас, з неякісним, погано виповненим насінням неможливо працювати селекціонерам, які займаються виведенням нових чи покращенням характеристик наявних рослин [12, 13]. Також, відсутність у рослин схожого здорового насіння негативно впливає на самовідновлювальну функцію насаджень та лісів самосівів [14, 15].

Втрати насіння внаслідок пошкодження клопом можуть сягати 70 % і більше [16]. Було визначено, що за життя одна особина здатна знищити 310 насінин. Якщо підрахувати втрати у насінні перераховуючи на усю чисельність шкідника, то виходить значний об'єм насіннєвої частини й наступних живих молодих насаджень. Окрім прямого знищення насіння, клоп також може завдавати шкоди через перенесення збудника диплодіозу сосни (диплодієвого некрозу), хвороби спричиненої грибом (*Diplodia pinea*).



Рис. 3. Сосновий насіннєвий клоп
(*Leptoglossus occidentalis* H.) – імаго.



Рис. 4. Яйцекладка
(оболонки яєць після виходу личинок).



Рис. 5. Німфа.

Також викликає занепокоєння, що харчування клопа в українських реліктових лісах, які складаються із сосни звичайної та інших видів хвойних, можуть нанести непоправної шкоди з втратою екологічноцінних деревостанів, що формують запаси деревини країни [17, 18]. Хоча деякі дослідники стверджують, що природні насадження сосни менше уражають шкідники у порівнянні з штучними посадками [14].

З метою ефективного захисту від шкідника потрібно ретельно вивчити біологію комахи, зрозуміти що сприяє розповсюдженню у природі, які чинники вплинули на поширення інвазивного шкідника на цей ареал проживання [19, 20]. На державному рівні вкрай важливо займатись перевіркою рослинного матеріалу, що завозять в країну на санітарно-епідеміологічний контроль й не допускати розповсюдження нових видів шкідників,

непритаманних цій місцевості. Слід враховувати, що шкочинні організми мають високу адаптивну здатність у пристосуванні до умов навколишнього середовища через мутації, спричинені обміном генетичним матеріалом з близькими видами, які проживають на цій території.

На жаль, на сьогодні відсутні будь-які дані щодо моніторингу наявності та розвитку шкідника на території України державними карантинними органами. Цей вид шкідника не занесений до карантинних об'єктів України, не належить до обмежено поширених чи регульованих некарантинних шкідників. Інформацію про розповсюдження соснового насінневого клопа отримуємо за моніторингу шкідників лісових насаджень спеціалістами навчальних та наукових закладів України, у конкретному випадку спеціалістами кафедри генетики, селекції та захисту рослин Львівського національного університету природокористування. Потрібно розуміти, що вчасне проведення моніторингу наявності та розвитку шкідників у паркових і лісових насадженнях є невід'ємною складовою успішного захисту цих насаджень, що дозволить контролювати або мінімізувати масовий розвиток шкідника.

лювати або мінімізувати масовий розвиток шкідника.

Під час моніторингу розповсюдження шкідника, було розроблено фенологічний календар розвитку соснового насінневого клопа (табл. 1). У Західному Лісостепу України шкідник розвивається за рік у одному поколінні.

Вивчення особливостей та прояву шкодо-чинності соснового насінневого клопа на сьогодні є недостатніми. У зв'язку з цим відсутні рекомендації щодо впровадження захисних дій з метою недопущення масового розмноження. Постає питання, як контролювати розвиток шкідника у лісових насадженнях, адже площа хвойного лісу може сягати десятків квадратних кілометрів і більше.

У лісових насадженнях, на думку деяких науковців, біологічний метод захисту від соснового насінневого клопа буде найперспективнішим. В Італії досліджують і випробовують у захисті від клопа природних ворогів, ентомофагів, паразитичних їздців-яйцеїдів – *Gryon pennsylvanicum*, *Anastatus pearsalli*, *Ooencyrtus* spp. Також відомі паразити імаго та личинок клопа, мухи-тахіни – *Ectophasia crassipennis*.

Таблиця 1 – Стадії розвитку соснового насінневого клопа (*Leptoglossus occidentalis* H.), строки проведення моніторингу та обліку чисельності

Рік	Стадії розвитку																				
	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X- III		
2024	+	+	+	+	+	+															
				•	•	•															
								-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
													+	+	+	+	+	+	+	+	
2025																			(+)	(+)	(+)
																					+

Умовні позначення стадій розвитку:

+ – імаго; • – яйця; - – личинка (німфа); (-) – зимуюча стадія.

Висновки. Контроль за розвитком та розповсюдженням соснового насінневого клопа (*Leptoglossus occidentalis* H.) потрібно проводити на постійних засадах. Розробити у межах державного рівня заходи захисту від шкідника для збереження продуктивних насаджень хвойних порід дерев. Також буде доречною співпраця з науковцями різних

країн для ефективного накопичення знань і збільшення інформаційних ресурсів у цьому напрямі. Якщо не приймати рішучих дій по обмеженню чисельності шкідника чи взагалі його знищення на окремих ділянках, він може стати великим агресором знищення хвойних порід дерев не лише в межах однієї країни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мацях І.П., Крамарець В.О. Інвазії комах-філофагів на територію України. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2020. № 20. С. 11–25. URL: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/516/421>

2. Норенко К. Що таке інвазійні види і як вони впливають на біорізноманіття? Екологія. Право. Людина. 2018. № 31 (71). С. 22–24. URL: <https://epl.org.ua/human-posts/shho-take-invazijnnydydy-i-yak-vony-vplyvayut-na-bioriznomanittya/>

3. Інвазивні чужорідні види. URL: https://environment-ec-europa-eu.translate.google.com/topics/nature-and-biodiversity/invasive-alien-species_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=uk&_x_tr_pto=sc

4. Регламент (ЄС) № 1143/2014 Європейського Парламенту та Ради від 22 жовтня 2014 року про запобігання та управління інтродукцією та поширенням інвазивних чужорідних видів. URL: https://eur-lex-europa-eu.translate.google.com/legal-content/EN/TXT/?qid=1483614313362&uri=CELEX:32014R1143&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=uk&_x_tr_pto=sc

5. Перелік регульованих шкідливих організмів: наказ Міністерства аграрної політики України від 29.11.2006 № 716. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1300-06#Text>

6. Калмикова Ю.К. Сосновий насінневий клоп (*Leptoglossus Occidentalis* Heidemann, 1910) та потенційна загроза лісам Харківщини. Харківський природничий форум: І Міжнар. конф. мол. учен. Харків: ХНПУ, 2018. 72 с.

7. The North American intruder *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) settled down in Ukraine / П.В. Пучков та ін. Українська ентомофауністика. 2012. № 3 (3). С. 1–3.

8. Сосновий насінневий клоп (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 2010) – небезпечний інвазійний вид у Житомирському Поліссі. ДП "Харківська лісова науково-дослідна станція". URL: <http://leshoz.org.ua/node/104>

9. Stiurko M., Kovtun O. Similarity as the Main Indicator of Seed Quality. Lecture Notes on Multidisciplinary Industrial Engineering. ICoWEFS 2024 Sustainability Proceedings. Springer. Switzerland. 2025. С. 361–366. URL: https://trebuchet.public.springernature.com/get_content/f732af0c-4589-41c7-86db-59ce3bccb010?sap-outbound-id=4A79B36A362D0736EEE05F0D771382B19CF53047

10. Визначення посівних якостей насіння сосни звичайної. ДО Український лісовий селекційний центр. URL: <https://ucfb.info/novini/novina/article/viznachennja-posivnikh-jakostei-nasinnja-sosni-zvichainoji.html>

11. Мажула О.С. Ключові моменти розвитку лісового насінництва в Україні. Лісівництво та агролісомеліорація. Харків: УкрНДЛГА, 2008. № 112. С. 132–134.

12. Дербинюк Ю.М., Калінін М.І., Гузь М.М., Шаблій І.В. Лісове насінництво: монографія. Львів: Світ, 1998. 432 с.

13. Патлай І.М., Молотков П.І. Методика сортопробування лісових порід в Україні. Київ, 1994. 40 с.

14. Ніколаєнка С.М. Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропогену: монографія. Київ: Ліра-К, 2019. 350 с.

15. Мешкова В. Сосновий насінневий клоп – загроза лісовідновленню й лісорозведенню. Лісовий вісник. 2022. № 1. С. 6–9.

16. Ecology of invasive forest pathogens. Springer International Publication / L. Ghelardini et al. 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/317740949_Ecology_of_invasive_forest_pathogens

17. Погрібний О.О. Висотна диференціація лісостанів сосни звичайної в українських Карпатах. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. № 23.12. С. 91–101. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_12/91_Pog.pdf

18. Заячук В.Я. Дендрологія: підручник. Львів: "Апріорі", 2008. 656 с.

19. Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем: навч. посіб. / Н.В. Пузріна та ін. Київ: НУБіП України, 2021. 274 с.

20. Європейська політика сталого розвитку сільського господарства: виклики для України / О. Kovtun та ін. Економічні горизонти. 2024. № 1 (27). С. 119–138. URL: <http://eh.udpu.edu.ua/article/view/305867/297376>

REFERENCES

1. Matsyakh, I.P., Kramarets, V.O. (2020). Invaziyi komakh-filofahiv na terytoriyu Ukrayiny [Invasions of phyllophage insects on the territory of Ukraine]. Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrayiny [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. Vol. 20, pp. 11–25. Available at: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/516/421>

2. Norenko, K. (2018). Shcho take invazijni vydy i yak vony vplyvayut' na bioriznomanittya? [What are invasive species and how do they affect biodiversity?]. Ekolohiya. Pravo. Lyudyna [Ecology. Right. Man.]. Vol. 31 (71), pp. 22–24. Available at: <https://epl.org.ua/human-posts/shho-take-invazijnnydydy-i-yak-vony-vplyvayut-na-bioriznomanittya/>

3. Invazyvni chuzhoridni vydy [Invasive alien species]. Available at: https://environment-ec-europa-eu.translate.google.com/topics/nature-and-biodiversity/invasive-alien-species_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=uk&_x_tr_pto=sc

4. Rehlement (YES) № 1143/2014 Yevropeys'koho Parlamentu ta Rady vid 22 zhovtnya 2014 roku pro zapobihannya ta upravlinnya introduktsiyeyu ta poshyrennyam invazyvnykh chuzhoridnykh vydiv [Regulation (EU) No. 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of October 22, 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species]. Available at: <https://eur-lex-europa-eu.translate.google.com/legal-content/EN/TXT/?qid=1483614313362&uri=CELEX->

:32014R1143&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=uk&_x_tr_pto=sc

5. Perelik rehul'ovanykh shkidlyvykh orhanizmiv: nakaz Ministerstva aharnoyi polityky Ukrainy vid 29.11.2006 № 716 [List of regulated harmful organisms: order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine dated 29.11.2006 No. 716]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1300-06#Text>

6. Kalmykova, Yu.K. (2018). Sosnovyy nasinnyevyy klop (*Leptoglossus Occidentalis* Heidemann, 1910) ta potentsiyna zahroza lisam Kharkivshchyny [Pine seed bug (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910) and potential threat to the forests of Kharkiv region]. Kharkivs'kyi pryrodnychy forum: I Mizhnar. konf. mol. uchen [Kharkiv Nature Forum: 1st International conf. young scientists]. Kharkiv, 72 p.

7. Puchkov, P.V., Gubin, A.N., Popov, G.V., Kalesnik, V.N., Syzhko, V.I. (2012). The North American intruder *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) settled down in Ukraine. *Ukrayins'ka entomofaunistyka* [Ukrainian entomofaunistics]. Vol. 3 (3), pp. 1–3.

8. Sosnovyy nasinnyevyy klop (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 2010) – nebezpechnyy invazyyny vyd u Zhytomyr'skomu Polissi [Pine seed bug (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 2010) – a dangerous invasive species in Zhytomyr Polissya]. DP "Kharkivs'ka lisova naukovo-doslidna stantsiya" [State Enterprise "Kharkiv Forest Research Station"]. Available at: <http://leshov.org.ua/node/104>

9. Stiurko, M., Kovtun, O. (2025). Similarity as the Main Indicator of Seed Quality. Lecture Notes on Multidisciplinary Industrial Engineering. ICoWEFS 2024 Sustainability Proceedings. Springer. Switzerland, pp. 361–366. Available at: https://trebuchet.public.springernature.app/get_content/f732af0c-4589-41c7-86db-59ce3bccb010?sap-outbound-id=4A79B36A362D0736EEE05F0D-771382B19CF53047

10. Vyznachennya posivnykh yakostey nasinnya sosny zvychnoyi [Determination of sowing qualities of Scots pine seeds]. DO Ukrayins'kyi lisovyy selektsiyny tsentr [Ukrainian Forest Breeding Center]. Available at: <https://ucfb.info/novini/novina/article/viznachennja-posivnykh-jakostei-nasinnja-sosni-zvichainoji.html>

11. Mazhula, O.S. (2008). Klyuchovi momenty rozvytku lisovoho nasinnytstva v Ukraini [Key points in the development of forest seed production in Ukraine]. *Lisivnytstvo ta ahrolisomelioratsiya* [Forestry and agroforestry improvement]. Kharkiv, no. 112, pp. 132–134.

12. Derbynyuk, Yu.M., Kalinin, M.I., Guz, M.M., Sabre, I.V. (1998). *Lisove nasinnytstvo: monohrafiya* [Forest seed production]. Lviv, 432 p.

13. Patlai, I.M., Molotkov, P.I. (1994) *Metodyka sortovyprobuvannya lisovykh porid v Ukraini* [Methodology of variety testing of forest species in Ukraine]. Kyiv, 40 p.

14. Nikolayenko, S.M. (2019). Vidtvorennya lisiv ta lisova melioratsiya v Ukraini: vytochy, suchasnyy stan, vyklyky s'ohodennya ta perspektyvy

v umovakh antropohenu: monohrafiya [Forest reproduction and forest reclamation in Ukraine: origins, current state, current challenges and prospects in anthropogenic conditions]. Kyiv, 350 p.

15. Meshkova, V. (2022). Sosnovyy nasinnyevyy klop – zahroza lisovidnovlennyyu y lisorozvedennyyu [The pine seed bug is a threat to reforestation and afforestation]. *Lisovyy visnyk* [Forest herald]. Vol. 1, pp. 6–9.

16. Ghelardini, L., Luchi, N., Pecori, F., Pepori, A.L., Danti, R., Rocca, G.D., Capretti, P., Tsopeles, P., Santini, A. (2017). *Ecology of invasive forest pathogens*. Springer International Publication. Available at: https://www.researchgate.net/publication/317740949_Ecology_of_invasive_forest_pathogens

17. Pohribnyi, O.O. (2013). Vysotna dyferentsiatsiya lisostaniv sosny zvychnoyi v ukrayins'kykh Karpatakh [Altitudinal differentiation of Scots pine forests in the Ukrainian Carpathians]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny* [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 23.12, pp. 91–101. Available at: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_12/91_Pog.pdf

18. Zayachuk, V.Ya. (2008). *Dendrolohiya* [Dendrology]. Lviv, 656 p.

19. Puzrina, N.V., Meshkova, V.L., Myronyuk, V.V., Bondar, A.O., Tokareva, O.V., Boyko, G.O. (2021). Monitorynh shkidlyvykh orhanizmiv lisovykh ekosystem: navch. posib. [Monitoring harmful organisms of forest ecosystems]. Kyiv, 274 p.

20. Kovtun, O., Kosylovych, H., Andrushko, O., Holiachuk, Yu., Stiurko, M. (2024). Yevropeys'ka polityka staloho rozvytku sil's'koho hospodarstva: vyklyky dlya Ukrainy. [European policy of sustainable agricultural development: challenges for Ukraine]. *Ekonomichni horyzonty* [Economic horizons]. Vol. 1 (27), pp. 119–138. Available at: <http://eh.udpu.edu.ua/article/view/305867/297376>

The pine seed bug *Leptoglossus occidentalis* H. is an invasive pest that expanded its area of harmfulness

Stiurko M., Ovchinnikova O.

Parks and forests are the lungs of our planet. They are constantly exposed to the influence of various environmental factors, which lead to a significant reduction of the areas under them. This, in particular, affects to a significant decrease in natural ecosystems biodiversity. Pests are a significant factor affecting the number and species composition of plants. Harmful insects are almost one of the biggest enemies of natural and artificial plantations. Invasive insects species are particularly harmful. As a result of species expansion that are recognized as invasive, no more than 40 % of the planet's natural ecosystems have survived today. A large number of countries, in turn, are trying to prevent and manage the introduction and spread of invasive alien species on their territories at the legislative level. However, not everyone manages to do this on time. Unfortunately, the list of harmful organisms in Ukraine does not include all organisms that

pose a threat to the country's plantations. The pine seed bug (*Leptoglossus occidentalis* H.) is an invasive pest that was introduced to Eurasia from the American continents. This is an atypical pest for coniferous vegetation of our territory. However, due to its high adaptability, it has already infested the entire area of Ukraine. The pine seed bug damages more than 40 types of coniferous plants. The insect feeds on young and mature cones, destroying completely or partially the seeds. Obtaining high-quality, full-fledged seeds is an important component in the future establishment of young plantations and obtaining friendly and full-fledged seedlings for the positive self-recovery ability of coniferous plantations. The purpose of our research was to record the presence of the pine seed bug

in the territory of Lviv region and to determine the number of productive generations that the insect has per year. It was found out that the pest has expanded its habitat and feeding area to the western borders of Lviv region, which has not been recorded before. The study of the peculiarities and manifestation of pine seed bug pest damage is currently insufficient. In this regard, there are no recommendations on protective measures to prevent mass reproduction of the pest. Therefore, the problem of protection and preservation of productive plantations of coniferous tree species is still unsolved.

Key words: pest, invasive species, damage, pine seed bug, *Leptoglossus occidentalis* H., pine, forest, biodiversity.



Copyright: Стюрко М.О., Овчіннікова О.П. © 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:

Стюрко М.О.

Овчіннікова О.П.

<https://orcid.org/0009-0001-1159-636X>

<https://orcid.org/0000-0002-4557-0088>

ЕКОЛОГІЯ

УДК 504.054:551.521

Радіологічний стан ґрунтів у місцях ведення бойових дій на території Народицької територіальної громади**Романчук Л.Д.¹ , Ковальова С.П.¹ ,
Овезмирадова О.Б.² , Кондратюк Д.М.³**¹ ДУ «Житомирська Політехніка»² Херсонський державний аграрно-економічний університет³ Природний заповідник «Древлянський»

Романчук Л.Д. E-mail: ludmilaromanchuk14@gmail.com; Кондратюк Д.М. kondratiuk921@ukr.net



Романчук Л.Д., Ковальова С.П., Овезмирадова О.Б., Кондратюк Д.М. Радіологічний стан ґрунтів у місцях ведення бойових дій на території Народицької територіальної громади. «Агробіологія», 2025. № 1. С. 363–370.

Romanchuk L., Kovalyova S., Ovezmiradova O., Kondratiuk D. Radiological condition of soils in areas of conducting military operations within the Narodychi territorial community. «Agrobiology», 2025. no. 1, pp. 363–370.

Рукопис отримано: 31.03.2025 р.

Прийнято: 15.04.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-1-363-370

За масштабами радіоактивного забруднення Житомирська область є одним з найбільш постраждалих регіонів внаслідок аварії на ЧАЕС. Через високу щільність забруднення радіонуклідами, з господарського користування було виведено понад 70 тис. га земель. За оцінкою науковців, певне покращення радіологічного стану відбулось у поставарійний період завдяки вжитим контрзаходам, спрямованих на мінімізацію наслідків аварії, а також за природних процесів фізичного напіврозпаду радіонуклідів. Проте, з початком ведення бойових дій екологічна ситуація в зоні радіоактивного забруднення значно загострилась. Воєнні дії російської армії за понад місяць окупації зони відчуження Чорнобильської АЕС, зумовили підвищення рівня радіаційного фону та створили додатковий радіаційний вплив на природні екосистеми цього регіону. Для оцінки радіологічного стану ґрунтів проведено визначення щільності їх забруднення штучними та природними радіонуклідами в місцях обстрілів населених пунктів Народицької територіальної громади.

За результатами проведених досліджень встановлено, що щільність забруднення ґрунтового покриву ^{137}Cs в межах Народицької ОТГ становить – 4,07–484,70 кБк/м² (0,11–13,10 Кі/км²), ^{90}Sr – 0,44–8,10 кБк/м² (0,012–0,219 Кі/км²). Найвищий рівень забруднення цезієм та стронцієм спостерігається в межах с. Кліщівка. Рівень вмісту природних радіонуклідів у межах досліджуваних населених пунктів становить: ^{40}K – 12,95–118,03 кБк/м²; ^{232}Th – 1,92–5,22 кБк/м²; ^{226}Ra – 2,00–11,47 кБк/м². Встановлено, що зі збільшенням відстані від місця обстрілу, щільність забруднення ґрунту радіонуклідами (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{40}K , ^{232}Th) збільшується, досягаючи максимальних значень у зразках, відібраних у радіусі 50 м від місця утворення вирви. Протилежну залежність спостерігали стосовно ^{226}Ra , максимальну щільність якого зафіксовано безпосередньо у місці утворення вирви.

Ключові слова: радіологічний стан ґрунтів, природні та штучні радіонукліди, цезій, стронцій, калій, торій, радій, щільність забруднення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Загострення несприятливої екологічної ситуації – один з численних злочинів, пов'язаний з повномасштабним вторгненням російських військ в Україну. Російська агресія та ведення активних бойових дій на території нашої країни завдали значної шкоди природним екосистемам. Внаслідок обстрілів та вибухів боєприпасів, що спричинили радіоактивні викиди, пожежі, горіння нафтопродуктів в атмосферне повітря, потрапило близько 1,2 млн т забруднювальних речовин. Військові дії зумовили порушення та забруднення ґрунтових екосистем на понад 30 % території України [1]. За попередніми даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, площа забруднених ґрунтів складає понад 1,15 млн м², що завдає країні збитків на 20,06 млрд грн [4].

Питання забруднення ґрунтів внаслідок воєнних дій, з перших днів повномасштабного вторгнення знаходиться в полі зору багатьох дослідників, оскільки піднімає проблему можливості подальшого безпечного землекористування [3, 5, 7, 14–16]. Серед прогнозованих наслідків, найбільш відчутними в найближчі роки стануть деградація ґрунтів, втрата їх буферної стійкості, здатності до самовідновлення, що відповідно призведе до зниження водопроникності, порушення аерації, біохімічних та мікробіологічних процесів, погіршення водного та повітряного режимів, порушення кореневого живлення, пригнічення росту і розвитку рослин тощо [2, 5, 16]. Крім того, актуальною екологічною проблемою буде хімічне забруднення ґрунтів, що матиме негативні довгострокові наслідки для їх відновлення. Наразі досить критичною є ситуація в зоні бойових дій на Сході України, де науковці відмічають суттєве забруднення земель титаном, стронцієм, свинцем, ртуттю, цинком, кадмієм, міддю, нікелем, фосфором, барієм та іншими елементами [2, 3]. Проте особливе занепокоєння викликає стан ґрунтів зони радіоактивного забруднення, оскільки саме з перших днів вторгнення, окупантами були захоплені найбільші атомні електростанції нашої країни.

Варто відмітити, що значна частина території Житомирського Полісся внаслідок аварії на ЧАЕС, ще задовго до повномасштабного вторгнення знаходилася під інтенсивним техногенним впливом, зумовленим викидом радіоактивних елементів зі зруйнованого атомного реактора [23]. Водночас, воєнні дії російської армії за понад місяць

окупації зони відчуження Чорнобильської АЕС, створили додатковий радіаційний вплив на природні екосистеми цього регіону. Переміщення російської техніки територією захоронення радіоактивних відходів призвело до порушення ґрунтового профілю, поширення радіоактивного пилу, що спричинило підвищення рівня радіаційного фону у понад 7 разів [6]. Активні бойові дії призвели до масштабних пожеж в лісових екосистемах, чим зумовили перенесення радіоактивних речовин на значну відстань від осередків горіння [7, 8]. Забруднення ґрунтового покриву спостерігається також у місцях детонації снарядів і ракет, оскільки матеріали для виробництва боєприпасів містять значну кількість токсичних елементів [3, 5]. Зважаючи на необхідність відновлення і подальшого раціонального користування земельними ресурсами, пріоритетними у цей проблематиці є дослідження радіологічного стану ґрунтів, порушених внаслідок воєнних дій.

Мета дослідження – оцінка радіологічного стану ґрунтів Народицької ОТГ, що зазнали вибухів внаслідок детонації снарядів та ракет.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у 2024 р. в межах населених пунктів Народицької ОТГ Коростенського району Житомирської області, що належать до зони радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС.

Відбір ґрунтових зразків для радіологічного аналізу проводили безпосередньо у місцях вирв, що утворилися внаслідок влучання російських ракет та на відстані 50 і 100 м. Об'єднані зразки ґрунту формували з точкових проб, відібраних по периметру вирви.

Відбір ґрунтових зразків здійснювали безпосередньо у вирви та на відстані 50 і 100 м від утвореної вирви, формуючи середні проби із відібраних по усьому периметру зразків.

Координати та розміри вирв, що утворилися внаслідок російської агресії представлено у таблиці 1.

Відбір зразків ґрунту для визначення природних та штучних радіонуклідів проводили згідно з чинними нормативними документами, а саме відповідно до ДСТУ ISO 10381–2:2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб» [10]; ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб» [11] та «Методики комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком територій зони відчуження)» [12].

Таблиця 1 – Місця відбору ґрунтових зразків на радіоактивно забруднених територіях (2-ї зони)

№ з/п	Населений пункт	Розміри вирв (глибина, довжина, ширина)	Координати
1	смт Народичі	3,4×13,0×11,5	300 м на північ від смт Народичі 51°12'35.3" N 29°04'59.0"E
2	с. Базар, окружна	5×9×6	51°02'40.9" N 29°16'47.3"E
3	с. Базар	6,0×11,5×10,9	51°04'27.1" N 29°19'18.9"E
4	с. Кліщіївка	3×6×4	51°07'31.0" N 29°10'01.1"E

Щільності забруднення ґрунту радіонуклідами визначали спектрометричним методом з використанням сцинтиляційного гамма-бета-спектрометра МКС-АТ-1315 згідно з методикою BS EN ISO 18589–1:2019 [13].

Визначення ^{137}Cs і ^{90}Sr у ґрунті проводили у літровій геометрії посудини Маринеллі з часом експозиції 1 година. Відносна похибка визначення питомої активності радіонуклідів становила 10–20 %.

Лабораторні дослідження виконували згідно з чинними нормативними документами у вимірювальній лабораторії агрохімічних досліджень, екологічної безпеки земель та якості продукції Інституту сільського господарства Полісся НААН України.

Результати дослідження та їх обговорення. За масштабами радіоактивного забруднення Житомирська область є одним з найбільш постраждалих регіонів внаслідок аварії на ЧАЕС. Через високу щільність забруднення радіонуклідами, з господарського користування було виведено понад 70 тис. га земель [23]. За оцінкою науковців, певне покращення радіологічного стану відбулось у поставарійний період завдяки вжитим контрзаходам, спрямованих на мінімізацію наслідків аварії, а також за природних процесів фізичного напіврозпаду радіонуклідів [17–22]. Проте з початком ведення бойових дій у зоні радіоактивного забруднення екологічна ситуація в регіоні дещо загострилась [6, 7]. Для оцінки радіологічного стану ґрунтів проведено визначення щільності їх забруднення штучними та природними радіонуклідами.

За результатами проведеного радіологічного аналізу встановлено, що щільність забруднення ґрунтів ^{137}Cs в місцях обстрілів варіювала від 4,07 до 484,70 кБк/м^2 (0,11–13,10 Ки/км^2), ^{90}Sr – від 0,44 до 8,10 кБк/м^2 (0,012–0,219 Ки/км^2), (рис. 1, 2). Зокрема, у місцях утворення вирв, щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs коливалась у межах

4,07–83,25 кБк/м^2 (0,11–2,25 Ки/км^2), ^{90}Sr – 0,44–3,22 кБк/м^2 (0,012–0,087 Ки/км^2).

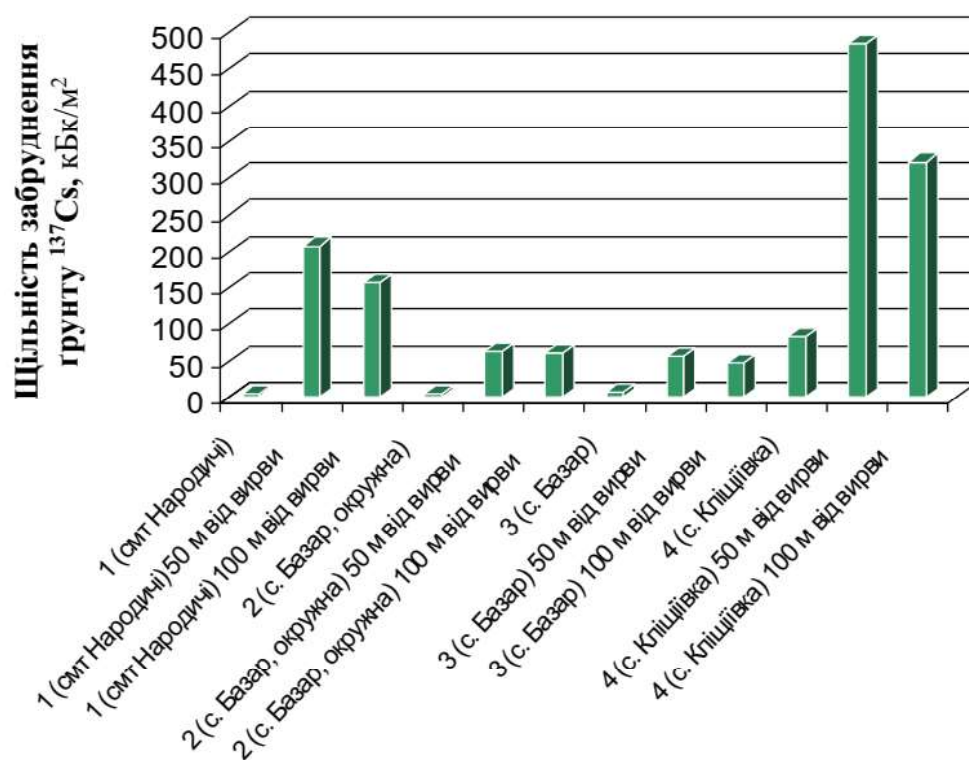
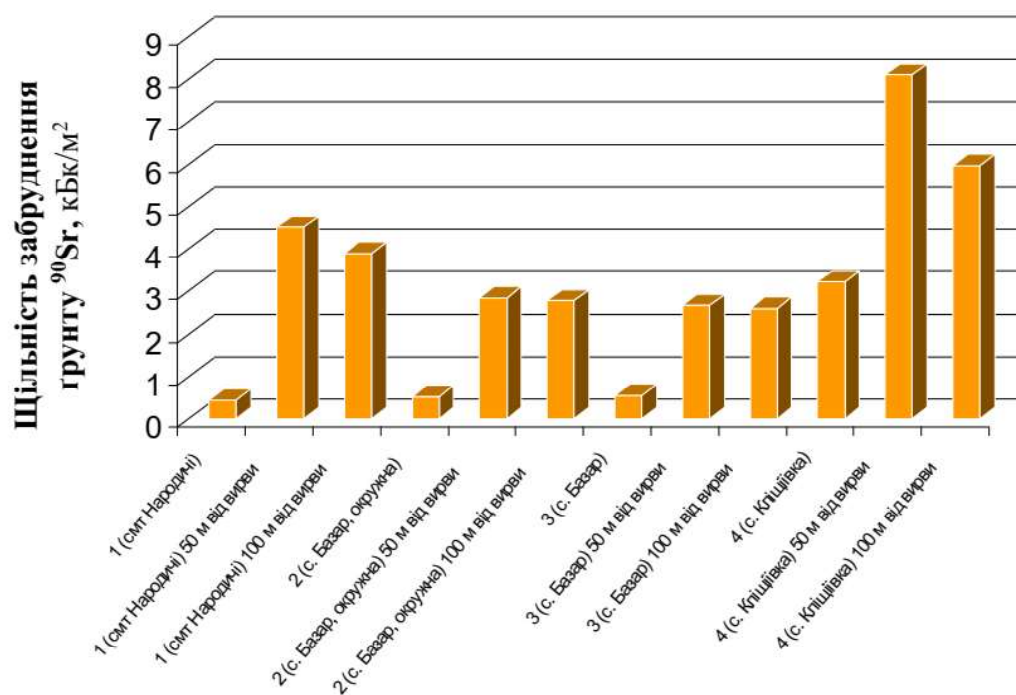
Найвищу щільність забруднення ґрунтів штучними радіонуклідами (^{137}Cs , ^{90}Sr) відмічено в ґрунтах, відібраних на відстані 50 м від місця утворення вирви, що очевидно пов'язано з порушенням ґрунтового профілю внаслідок вибуху та переміщення часток ґрунту з нижніх горизонтів у верхні. Показники радіоактивного забруднення ґрунтів ^{137}Cs на цих ділянках становили 55,50–484,70 кБк/м^2 (1,50–13,10 Ки/км^2) і перевищували відповідні значення у ґрунтових зразках, відібраних безпосередньо в місцях вирв у 5,8–13,6 разів. Забруднення ґрунтів ^{90}Sr становило 2,66–8,10 кБк/м^2 (0,072–0,219 Ки/км^2) з перевищенням у 2,51–6,04 разів відповідно.

Зі збільшенням відстані відбору ґрунтових зразків до 100 м від утворення вирви, щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs зменшувалась у 1,2–1,5 рази (46,25–321,53 кБк/м^2 (1,25–8,69 Ки/км^2)), ^{90}Sr – у 1,02–1,35 рази (2,59–5,96 кБк/м^2 (0,070–0,161 Ки/км^2)).

Варто відмітити, що найвищий рівень забруднення ґрунтів ^{137}Cs спостерігався в межах с. Кліщіївка. Відповідно до проведеного у 1992 р. розподілу площ, цей населений пункт було віднесено до II зони, що характеризується щільністю забруднення ґрунтів понад 555 кБк/м^2 ($> 15 \text{ Ки/км}^2$).

Аналогічну ситуацію у місцях обстрілів спостерігали щодо розподілу природних радіонуклідів. За результатами дослідження ґрунтових зразків на вміст природних радіонуклідів встановлено, що щільність їх забруднення ^{40}K варіювала у межах 12,95–118,03 кБк/м^2 (табл. 2).

Найменші показники цього елементу відмічено у зразках ґрунту, відібраних у с. Кліщіївка, найбільші – в межах окружної с. Базар. Очевидно, що такий розподіл ^{40}K в межах досліджуваних населених пунктів пов'язаний зі щільністю ^{137}Cs у ґрунтах, що є його аналогом.

Рис. 1. Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs , кБк/м^2 .Рис. 2. Щільність забруднення ґрунту ^{90}Sr , кБк/м^2 .

Таблиця 2– Щільність забруднення ґрунтів природними радіонуклідами, кБк/м²

Місце відбору зразків	⁴⁰ K	²³² Th	²²⁶ Ra
1 (сmt Народичі)	49,21±3,12	1,92±0,18	2,00±0,19
1 (сmt Народичі) 50 м від вирви	97,31±5,57	3,85±0,36	2,33±0,21
1 (сmt Народичі) 100 м від вирви	86,58±4,35	3,40±0,29	2,22±0,20
2 (с. Базар, окружна)	59,94±3,54	2,29±0,20	2,44±0,24
2 (с. Базар, окружна) 50 м від вирви	118,03±8,03	5,22±0,54	2,81±0,25
2 (с. Базар, окружна) 100 м від вирви	99,76±5,16	4,84±0,41	2,66±0,19
3 (с. Базар)	39,93±2,07	2,40±0,21	2,82±0,28
3 (с. Базар) 50 м від вирви	75,55±3,90	5,13±0,56	3,25±0,32
3 (с. Базар) 100 м від вирви	66,25±3,65	4,96±0,53	3,07±0,22
4 (с. Кліщіївка)	12,95±1,03	1,30±0,11	11,47±0,98
4 (с. Кліщіївка) 50 м від вирви	15,91±1,10	1,83±0,14	7,77±0,74
4 (с. Кліщіївка) 100 м від вирви	14,69±1,22	1,70±0,16	8,01±0,80

Щільність забруднення ґрунтів досліджуваних територій природним радіонуклідом ²³²Th варіювала в межах 1,30–5,62 кБк/м². Результати досліджень ґрунтів показали, що зразки, відібрані у с. Кліщіївка мали найменшу щільність ²³²Th – 1,30–1,83 кБк/м², тимчасом найбільші показники щільності цього елементу – 2,29–5,22 кБк/м² зафіксовано у ґрунтах в межах обстежених територій с. Базар.

Найбільшу щільність забруднення ґрунтів ⁴⁰K та ²³²Th відмічали в ґрунтових зразках, відібраних на відстані 50 м від місця утворення вирви. У досить широких межах – 2,00–11,47 кБк/м² варіювали показники щільності забруднення ґрунтів ²²⁶Ra. Найвищу концентрацію цього елементу, що становила 7,77–11,47 кБк/м², відмічено у зразках, відібраних на присадибній ділянці с. Кліщіївка. Варто зазначити, що надто високі показники щільності ²²⁶Ra, на відміну від інших природних радіонуклідів, зафіксовані безпосередньо у місці утворення вирви, тимчасом на відстані 50 та 100 м від місця вибуху, його вміст знижувався в 1,43–1,47 рази. Висока концентрація цього радіонукліду в межах обстеженого об'єкта, ймовірно, обумовлена його наявністю у складі ракетного палива, що й могло спричинити підвищений вміст безпосередньо у місці вибуху. В інших обстежених населених пунктах щільність забруднення ґрунтових зразків ²²⁶Ra варіювала в межах 2,00–3,55 кБк/м².

Висновки. Щільність забруднення ґрунтового покриву ¹³⁷Cs в місцях обстрілів Народицької ОТГ становить – 4,07–484,70 кБк/м² (0,11–13,10 Ки/км²), ⁹⁰Sr – 0,44–8,10 кБк/м² (0,012–0,219 Ки/км²). Найвищий рівень забруднення цезієм та стронцієм спостерігається в межах с. Кліщіївка.

Рівень вмісту природних радіонуклідів у межах досліджуваних населених пунктів становив: ⁴⁰K – 12,95–118,03 кБк/м²; ²³²Th – 1,92–5,22 кБк/м²; ²²⁶Ra – 2,00–11,47 кБк/м².

Встановлено, що зі збільшенням відстані від місця обстрілу, щільність забруднення ґрунту радіонуклідами (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ⁴⁰K, ²³²Th) збільшується, досягаючи максимальних значень у зразках, відібраних у радіусі 50 м від місця утворення вирви. Протилежну залежність спостерігали стосовно ²²⁶Ra, максимальну щільність якого зафіксовано безпосередньо у місці утворення вирви.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Яких екологічних наслідків зазнала Україна за час війни окрім збитків від підриву Каховської ГЕС. Офіційний сайт Київської школи економіки. 2023. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/yakih-ekologichnih-naslidkiv-zaznala-ukrayina-zachas-viyni-okrim-zbitkiv-vid-pidrivu-kahovskoyi-ges/>
2. Війна в Україні знищує ґрунти – як врятувати мертві землі. 2022. URL: <https://superagronom.com/blog/925-viyna-v-ukrayini-znischuye-grunti-yak-vryatuvati-mertvi-zemli>
3. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-full3.pdf>
4. Завдані збитки. Земельні ресурси. ЕкоЗагроза. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/damage/shove>
5. Наслідки для довкілля війни росії проти України / О. Ангурець та ін. Електронне науково-популярне видання. 2023. 84 с. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>
6. Перга Т.Ю. Екологічні наслідки війни росії проти України. Війна проти України: ДУ «Инсти-

тут всесвітньої історії НАН України». URL: <https://ivinas.gov.ua/viina-rf-proty-ukrainy/ekolohichni-naslidky-viiny-rosii-proty-ukrainy.html>

7. Дослідження у Чорнобильській зоні відчуження. Greenpeace. URL: <https://storymaps.arcgis.com/collections/89f769079c4a40c98a4b158e9e87d17c?item=2>

8. Кученко Б., Тестов П. Лісові пожежі внаслідок російського вторгнення та перспективи повоєнного відновлення українських лісів. Аналітична записка. 2023. 13 с. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/Vplyv-vijny-nalisy_21-08-2023_clean.pdf

9. Сплодитель А.О. Методичні рекомендації з відбору проб ґрунту в зонах бойових дій. Київ-Чернівці: Друк Арт, 2023. 40 с. URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/metodyka-gruntu_2023-1-1-2_compressed.pdf

10. ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Настанови з методів відбирання проб. [Чинний від 2006-04.01]. Київ, 2004. Ч. 2. 11 с.

11. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07.01]. Київ, 2004. 9 с.

12. Методика комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком території зони відчуження) / В.А. Кашпаров та ін. Київ: Атіка-Н, 2007. 60 с.

13. ДСТУ ISO 18589-1:2015. Вимірювання радіоактивності у довкіллі. ґрунт. Загальні настанови та визначення. [Чинний від 2016-04.01]. Київ, 2019. Ч. 1. 14 с.

14. Дребот О.І., Височанська М.Я. Еколого-економічні аспекти відновлення земель сільськогосподарського призначення внаслідок забруднення небезпечними речовинами в умовах війни. Всеукраїнська наук.-практ. конф. «Природа в окупації – 10 років російської військової агресії проти довкілля. Перспективи відновлення природоохоронних територій України». 2024. С. 121–123.

15. Линник Д.О., Грицуляк Г.М. Вплив військових дій на ґрунтовий покрив. Всеукраїнська наук.-практ. конф. «Природа в окупації – 10 років російської військової агресії проти довкілля. Перспективи відновлення природоохоронних територій України». 2024. С. 138–140.

16. Палапа Н.В. Екологічна катастрофа в Україні, спричинена російською федерацією. Всеукраїнська наук.-практ. конф. «Природа в окупації – 10 років російської військової агресії проти довкілля. Перспективи відновлення природоохоронних територій України». 2024. С. 153–156.

17. Retrospective dosimetry of Iodine-131 exposures using Iodine-129 and Caesium-137 inventories in soils—A critical evaluation of the consequences of the Chernobyl accident in parts of Northern Ukraine / R. Michel et al. Journal of environmental radioactivity. 2015. Т. 150. Р. 20–35.

18. Романчук Л.Д. Оцінка радіаційного стану ґрунтів у північних районах Житомирщини, постраждалих унаслідок аварії на ЧАЕС. Вісник аграрної науки. 2012. Вип. 6. С. 67–69.

19. Романчук Л.Д. Особливості накопичення ^{90}Sr у ґрунтах українського Полісся у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС. Вісник Полтавської державної академії. 2012. Вип. 3. С. 72–75.

20. Романчук Л.Д. Особливості накопичення ^{127}I та ^{129}I , їх міграція в глибоких профілях ґрунту Полісся України. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2012. Вип. 8. С. 26–31.

21. Куян В.Г., Овезмирадова О.Б. Сучасний радіологічний стан насаджень ягідних культур в умовах зони безумовного (обов'язкового) відселення Житомирщини. Карантин і захист рослин. 2013. Вип. 1. С. 9–11.

22. Романчук Л., Лопатюк О., Ковальова С. Радіологічна оцінка продуктів харчування мешканців радіоактивно забруднених територій у віддалений період після аварії на ЧАЕС. Наукові горизонти. 2016. Т.2. Вип. 19. С. 11–16.

23. Рекомендації по веденню сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення північних районів Житомирщини, постраждалих у результаті аварії на Чорнобильській АЕС на період 2011–2016 рр. / М.М. Дейсан та ін. Житомир, 2011. 30 с.

REFERENCES

1. Yakykh ekolohichnykh naslidkiv zaznala Ukraina za chas viiny okrim zbytkiv vid pidryvu Kakhovskoi HES [What environmental consequences has Ukraine suffered during the war apart from the Kakhovka HPP explosion?]. Ofitsiyni sait Kyivskoi shkoly ekonomiky [Official website of the Kyiv School of Economics]. 2023. Available at: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/yakih-ekologichnih-naslidkiv-zaznala-ukrayina-za-chas-viiny-okrim-zbitkiv-vid-pidryvu-kahovskoyi-ges/>

2. Viina v Ukraini znyshchuie grunty – yak vriatuvaty mertvi zemli [The war in Ukraine destroys soils – how to save the dead land]. 2022. Available at: <https://superagronom.com/blog/925-viyna-v-ukrayini-znischuye-grunty--yak-vryatuvaty-mertvi-zemli>

3. Splotyotetel, A., Holubtsov, O., Chumachenko, S., Sorokina, L. Zabrudnennia zemel vnaslidok ahresii Rosii proty Ukrainy [Soil contamination due to Russian aggression against Ukraine]. Available at: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-full3.pdf>

4. Zavdani zbytky. Zemelni resursy. EkoZahroza. [Incurred damages. Land resources. EcoThreat]. Ofitsiyni resurs Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy [Official resource of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine]. Available at: <https://ecozagroza.gov.ua/damage/shove>

5. Anhurets, O., Khazan, P., Kolesnykova, K. (2023). Naslidky dlia dovkillia viiny Rosii proty Ukrainy [Environmental consequences of Russia's war against Ukraine]. Elektronne naukovopopuliarnе vydannia [Electronic popular science publication]. 84 p. Available at: <https://cleanair.org.ua/wp-content/up>

loads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf

6. Perha, T.Yu. Ekologichni naslidky viiny Rosii proty Ukrainy [Ecological consequences of Russia's war against Ukraine]. Viina proty Ukrainy: DU «Instytut vsesvitnoi istorii NAN Ukrainy» [War against Ukraine: Institute of World History of NAS of Ukraine]. Available at: <https://ivinas.gov.ua/viina-rf-proty-ukrainy/ekologichni-naslidky-viiny-rosii-proty-ukrainy.html>

7. Doslidzhennia u Chornobylskii zoni vidchuzhennia [Research in the Chernobyl Exclusion Zone]. Greenpeace. Available at: <https://storymaps.arcgis.com/collections/89f769079c4a40c98a4b158e9e87d17c?item=2>

8. Kuchenko, B., Tiestov, P. (2023). Lisovi pozhezhi vnaslidok rosiiskoho vtorhennia ta perspektyvy povoiennoho vidnovlennia ukraïnskykh lisiv [Forest fires caused by Russian invasion and post-war recovery prospects for Ukrainian forests]. Analychna zapyska [Analytical note]. 13 p. Available at: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/Vplyv-viiny-na-lisy_21-08-2023_clean.pdf

9. Splotyotel, A.O. (2023). Metodychni rekomendatsii z vidboru prob gruntu v zonakh boiovykh dii [Methodical recommendations for soil sampling in combat zones]. Kyiv-Chernivtsi, Druk Art, 40 p. Available at: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/metodyka-gruntu_2023-1-1-2_compressed.pdf

10. DSTU ISO 10381-2:2004. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. Nastanovy z metodiv vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling. Guidance on sampling techniques]. Kyiv, 2004, Part 2, 11 p.

11. DSTU 4287:2004. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling]. Kyiv, 2004, 9 p.

12. Kashparov, V.A., Kalynenko, L.V., Perepeliatnikov, H.P. (2007). Metodyka kompleksnogo radiatsiinoho obstezhennia zabrudnennykh terytorii (za vyniatkom zony vidchuzhennia) [Methodology for comprehensive radiation survey of contaminated areas (excluding the exclusion zone)]. Kyiv, Atika-N, 60 p.

13. DSTU ISO 18589-1:2015. Vymiriuvannia radioaktyvnosti u dovkilli. Grunt. Zahalni nastanovy ta vyznachennia [Measurement of radioactivity in the environment. Soil. General guidelines and definitions]. Kyiv, 2019, Part 1, 14 p.

14. Drebot, O.I., Vysochanska, M.Ya. (2024). Ekologo-ekonomichni aspekty vidnovlennia zemel silskohospodarskoho pryznachennia vnaslidok zabrudnennia nebezpechnymy rehovynamy v umovakh viiny [Ecological and economic aspects of agricultural land restoration due to hazardous contamination under war conditions]. Vseukrainska nauk.-prakt. konf. «Pryroda v okupatsii» – 10 rokiv rosiiskoi viiskovoi ahresii proty dovkillia. Perspektyvy vidnovlennia pryrodokhoronnykh terytorii Ukrainy [All-Ukrainian Scientific-Practical Conference "Nature under Occupation – 10 Years of Russian Military Aggression Against the Environment. Prospects for the Restoration of Protected Areas of Ukraine"]. pp. 121–123.

15. Lynnyk, D.O., Hrytsuliak, H.M. (2024). Vplyv viiskovykh dii na gruntovy pokryv [Impact of military actions on soil cover]. Vseukrainska nauk.-prakt. konf. «Pryroda v okupatsii» [All-Ukrainian Scientific-Practical Conference "Nature under Occupation – 10 Years of Russian Military Aggression Against the Environment. Prospects for the Restoration of Protected Areas of Ukraine"]. pp. 138–140.

16. Palapa, N.V. (2024). Ekologichna katastrofa v Ukraini, sprychynena rosiiskoiu federatsiieiu [Ecological disaster in Ukraine caused by the Russian Federation]. Vseukrainska nauk.-prakt. konf. «Pryroda v okupatsii» [All-Ukrainian Scientific-Practical Conference "Nature under Occupation – 10 Years of Russian Military Aggression Against the Environment. Prospects for the Restoration of Protected Areas of Ukraine"]. pp. 153–156.

17. Michel, R., Daraoui, A., Gorny, M. (2015). Retrospective dosimetry of Iodine-131 exposures using Iodine-129 and Caesium-137 inventories in soils – A critical evaluation of the consequences of the Chernobyl accident in parts of Northern Ukraine. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 150, pp. 20–35.

18. Romanchuk, L.D. (2012). Otsinka radiatsiinoho stanu gruntiv u pivnichnykh raionakh Zhytomyrshchyny, postrazhdalenykh unaslidok avarii na ChAES [Assessment of the radiation condition of soils in northern Zhytomyr region affected by the ChNPP accident]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 6, pp. 67–69.

19. Romanchuk, L.D. (2012). Osoblyvosti nakopychennia 90Sr u gruntakh ukraïnskoho Polissia u viddalenyi period pislia avarii na ChAES [Peculiarities of 90Sr accumulation in soils of Ukrainian Polissia in the long-term period after the ChNPP accident]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii [Bulletin of the Poltava State Academy]. no. 3, pp. 72–75.

20. Romanchuk, L.D. (2012). Osoblyvosti nakopychennia 127I ta 129I, yikh mihratsiia v hlybokykh profiliakh gruntu Polissia Ukrainy [Features of 127I and 129I accumulation and their migration in deep soil profiles of Ukrainian Polissia]. Tekhnologhiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynyntstva [Technology of production and processing of livestock products]. no. 8, pp. 26–31.

21. Kuian, V.H., Ovezmyradova, O.B. (2013). Suchasnyi radiolohichni stan nasadzhen yahidnykh kultur v umovakh zony bezumovnoho vidseleennia Zhytomyrshchyny [Current radiological condition of berry plantations in the unconditional resettlement zone of Zhytomyr region]. Karantyn i zakhyst roslyn [Quarantine and plant protection]. no. 1, pp. 9–11.

22. Romanchuk, L., Lopatiuk, O., Kovalova, S. (2016). Radiolohichna otsinka produktiv kharchuvannia meshkantsiv radioaktyvno zabrudnennykh terytorii u viddalenyi period pislia avarii na ChAES [Radiological assessment of food products consumed by residents of radioactive contaminated areas in the long-term period after the ChNPP accident]. Naukovi horyzonty [Scientific horizons]. Vol. 2, no. 19, pp. 11–16.

23. Deisan, M.M., Didkivskiy, M.P., Savchenko, Yu.I. (2011). Rekomendatsii po vedenniu silskohospodarskoho vyrobnytstva v umovakh radioaktyvnoho zabrudnennia pivnichnykh raioniv Zhytomyrshchyny [Recommendations on conducting agricultural production under radioactive contamination in northern Zhytomyr region]. Zhytomyr, 30 p.

Radiological condition of soils in areas of conducting military operations within the Narodychi territorial community

Romanchuk L., Kovalyova S., Ovezmiradova O., Kondratyuk D.

On a scale of radioactive contamination, Zhytomyr region is one of the most affected regions as a result of Chernobyl accident. Due to high density of radionuclide contamination, more than 70 thousand hectares of land have been withdrawn from economic use. According to scientists, certain improvement of radiological situation occurred in the post-accident period due to countermeasures taken to minimise the accident consequences, as well as due to the natural processes of physical half-life of radionuclides. However, with the outbreak of hostilities, the environmental situation in the radioactive contamination zone has significantly deteriorated. Military actions of the Russian army during more than a month of occupation of Chernobyl exclusion

zone led to an increase in the radiation background level and created an additional radiation impact on the natural ecosystems of the region. To assess the radiological state of the soils, the density of contamination with artificial and natural radionuclides was determined in the areas of shelling of settlements in Naroditsky territorial community.

According to the research results it was established that the density of ^{137}Cs contamination of the soil cover within Narodychi territorial community is 4.07–484.70 kBq/m² (0.11–13.10 Ci/km²), ^{90}Sr – 0.44–8.10 kBq/m² (0.012–0.219 Ci/km²). The highest level of caesium and strontium contamination is observed within Klishchivka village. Natural radionuclides level within the studied settlements was as follows: ^{40}K – 12.95–118.03 kBq/m²; ^{232}Th – 1.92–5.22 kBq/m²; ^{226}Ra – 2.00–11.47 kBq/m². It has been established that with increasing distance from the shelling site, the density of soil contamination with radionuclides (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{40}K , ^{232}Th) increases, reaching maximum values in samples taken within a radius of 50 m from the crater formation site. The opposite dependence was observed for ^{226}Ra , the maximum density of which was recorded directly at the sinkhole formation site.

Key words: radiological state of soils, natural and artificial radionuclides, caesium, strontium, potassium, thorium, radium, contamination density.



Copyright: Романчук Л.Д. 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:

Романчук Л.Д.

Ковальова С.П.

Овезмирадова О.Б.

<https://orcid.org/0000-0003-4790-8414>

<https://orcid.org/0000-0003-1858-625X>

<https://orcid.org/0000-0001-5430-5676>



Наукове видання

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (195) 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. 42,9. Тираж 300.

Підписано до друку 22.05.2025 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.