АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (203) 2026

УДК 631/635(062.552):378.4(477.41)БНАУ
А 26
Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 1 (203) 2026. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2026. 286 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 № 3 від 19.05.2026 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, професор, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Заступник головного редактора – **Єзерковська Л.В.,** канд. с.-г. наук, доцент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Члени редакційної колегії:

Байструк-Глодан Л.З., д-р с.-г. наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України, с. Оброшине, Львівська область, Україна

Ващук Ю.В., д-р філософії, доцент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Гавриш Радослав, д-р, доцент, Інститут лісових досліджень, Польща

Грабовський М.Б., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Гриник Георгій, д-р, проф., Лодзький університет, Польща

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 Л.П., д-р біол. наук, проф., Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, Умань, Україна

Іщук Г.П., канд. с.-г. наук, доцент, Уманський національний університет, Умань, Україна

Левандовська С.М., канд. біол. наук, доцент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Лозінський М.В., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Правдива Л.А., д-р с.-г. наук, доцент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Примак І.Д., д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Рембялковська Марія, д-р, проф., Варшавський університет природничих наук, Польща

Рубік Хінек, д-р філософії, доцент, Чеський університет природничих наук, Прага, Чехія

Філіпова Л.М., канд. с.-г. наук, доцент, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Фучило Я.Д., д-р с.-г. наук, проф., Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Київ, Україна

Шмідке Кнут, д-р, проф., Дрезденський університет прикладних наук, Дрезден, Німеччина

Юхновський В.Ю., д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Editorial board:

Editor – **Karpuk L.,** Doctor of Agriculture Sciences, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Deputy Editor – **Ezerkovska L.,** Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Members of editorial board:

Baistruk-Hlodan L., Doctor of Agriculture Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Obroshyne village, Lviv Region, Ukraine

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

Filipova L., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Fuchylo Ya., Doctor of Agriculture Sciences, Professor, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, Kyiv, Ukraine

Gawryś R., Doctor inż. (PhD), Assistant Professor, Forest Research Institute, Poland

Grabovskyi M., Doctor of Agriculture Sciences, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Hrynyk H., Doctor hab., Professor UŁ, University of Lodz, Poland

Ishchuk L., Doctor of Biological Sciences, Professor, National denrologycal park "Sofiyivka" NAS of Ukraine, Uman, Ukraine

Ishchuk G., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Uman National University, Uman, Ukraine

Levandovska S., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Lozinskyi M., Doctor of Agriculture Sciences, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Pravdyva L., Doctor of Agriculture Sciences, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Primak I., Doctor of Agriculture Sciences, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

Rembiałkowska M., Doctor, Professor, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland

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

Schmidtke K., Doctor, Professor, Dresden University of Applied Sciences, HTW Dresden, Germany

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

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

Zayachuk V., Candidate of Agricultural Sciences, 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.

© БНАУ, 2026

ЗМІСТ

АГРОНОМІЯ

Городецький О.С., Козак Л.А., Кадькало В.М. Формування врожаю сортів ріпаку озимого залежно від норм висіву в умовах ТОВ «Агросленд» Білоцерківського району Київської області 8

Войтовик М.В., Примак І.Д., Качан Л.М., Павліченко А.А., Панченко О.Б. Зміна агрофізичних показників родючості чорнозему типового і урожайності соняшнику залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційних сівозмінах 19

Димань Н.О., Карпук Л.М. Оцінювання міжсортового поліморфізму малини за використання SSR-PCR-аналізу 30

Іванов С.О., Рожков А.О. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від впливу стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення в умовах Східного Лісостепу України 38

Кононюк Н.О. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої залежно від комплексу агротехнічних факторів 48

Корпіта Г.М., Шувар І.А. Оцінка факторів, які впливають на ефективність гербіцидів від *Heracleum sosnowskyi* 56

Кубрак С.М., Сич З.Д. Вплив погодних умов Правобережного Лісостепу України на господарсько цінні ознаки часнику озимого 63

Купріянова Т.М. Бульбоутворення різних сортів картоплі в культурі *in vitro* залежно від складу живильного середовища та режимів освітлення 72

Курач О.В. Особливості формування врожаю ріпаку озимого залежно від передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення комплексними препаратами 80

Мороз О.В., Карпук Л.М. Особливості формування урожайності сортів квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) різних груп стиглості за систем захисту посівів від бур'янів 89

Невгод Р.В. Біометрія та урожайність картоплі за дії органічних добрив, біостимуляторів та біофунгіцидів в умовах Полісся України 101

Осіпов М.Ю., Поліщук В.В. Адаптація рослин-регенерантів *Hydrangea* L. до умов exvitro 112

Писаренко Н.В., Захарчук Н.А., Олійник Т.М. Екологічна чутливість формування врожайності картоплі різних груп стиглості за контрастних гідротермічних умов 119

Поліщук В.В., Селецький В.П. Вплив посходових гербіцидів на плоїдність маточників та якість пилку за обробки ними посівів маточних буряків цукрових 130

Правдзіва І.В., Василенко Н.В., Хорошко Н.М. Вплив попередника на формування реологічних властивостей тіста генотипів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) 137

Присяжнюк О.І., Маляренко О.А., Черняк М.О., Мусіч В.В., Вороненко О.В., Гончарук О.М. Функціональний стан фотосинтетичного апарату хлоротичних листків буряків цукрових 149

Прокоп'юк Т.П., Лозінський М.В., Грабовський М.Б., Філіцька О.О., Самойлик М.О., Федорук Ю.В. Врожайність буряків цукрових залежно від удобрення та структури сівозмін ..159

Стороженко В.О. Урожайність зерна і побічної продукції гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від впливу позакореневих підживлень та погодних умов 167

Устинова Г.Л., Карпук Л.М., Юрченко А.І., Ображій С.В. Особливості формування довжини головного колоса у різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої 177

Федоренко М.В., Федоренко І.В., Близнюк Р.М., Олефіренко Б.А., Довбиш О.С. Особливості формування показників продуктивності та якості зерна у колекційних зразків пшениці м'якої ярої 187

Чайка Т.О., Короткова І.В., Ляшенко В.В., Лотиш І.І. Вплив біопрепаратів на врожайність та якісні показники насіння сої за гідротермічного стресу в умовах органічного землеробства 198

Яценко В.В., Луценко І.С., Яценко Н.В., Рогальский С.В., Січкар А.О., Климович Н.М., Остапчук В.В. Урожайність квасолі овочевої залежно від сортотипу та технологічного призначення в умовах Правбережного Лісостепу України 210

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Бровді А.А., Кунпан Л.В. Аналіз стану газонних покривів території Уманського національного університету 220

Кобець О.В., Мельнікова І.О. Проєктні пропозиції з озеленення та благоустрою території Козацького ліцею в м. Запоріжжі 227

Курка С.С., Іщук Г.П., Іщук Л.П., Коваль С.А., Вітенко В.А. Морфометричні особливості підросту софори японської в умовах промислового забруднення (*Sophora japonica* L.) 237

Левандовська С.М., Олешко О.Г., Ващук Ю.В., Карпук Л.М., Роговський С.В., Крупа Н.М. Аналіз видового різноманіття біотичних комплексів історико-культурного ландшафту меморіального музею-садиби І.С. Козловського 250

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Дем'яненко С.О., Глотов С.В., Заячук В.Я., Горбенко Н.Є., Чемерис І.А., Ключка С.І., Ткачук О.М. До фауни лускокрилих (Insecta, Lepidoptera) Кремінських лісів (Луганська область, Україна) 264

Іващенко І.Є., Вітенко В.А., Коваль С.А. Комплексна морфометрична та адаптивна оцінка придатності культиварів *Thuja plicata* Donn ex D.Don для озеленення Правобережного Лісостепу України 278

CONTENT

AGRONOMY

Gorodetsky O., Kozak L., Kadkalo V. Formation of yield of winter rapeseed varieties depending on seeding rates under the conditions of LLC «Agrosland», Bila Tserkva district, Kyiv region 8

Voytovik M., Primak I., Kachan L., Pavlichenko A., Panchenko O. Changes in agrophysical fertility indicators of typical chornozem and sunflower yield depending on primary tillage and fertilization systems in short crop rotations 19

Dyman N., Karpuk L. Assessment of intervarietal polymorphism of raspberry using SSR-PCR analysis 30

Ivanov S., Rozhkov A. Yield and winter wheat grain quality under the influence of humic acid-based growth stimulants at different levels of mineral nutrition in the Eastern Forest-Steppe region of Ukraine 38

Kononiuk N. The economic efficiency of winter wheat cultivation depending on a complex of agrotechnical factors 48

Korpita H., Shuvar I. Assessment of factors affecting the effectiveness of herbicides against *Heracleum sosnowskyi* 56

Kubrak S., Sych Z. The effect of weather conditions in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on economically valuable characteristics of winter garlic 63

Kupriianova T. Tuber formation of different potato varieties in *in vitro* culture depending on the composition of the nutrient medium and lighting conditions 72

Kurach O. Characteristics of winter rapeseed yield formation depending on pre-sowing seed treatment and foliar fertilization with complex formulations 80

Moroz O., Karpuk L. Features of yield formation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties of different maturity groups under weed control systems 89

Nevgod R. Biometry and potato yield under the influence of organic fertilizers, biostimulants and biofungicides in the Polissya region of Ukraine 101

Osipov M., Polishchuk V. Adaptation of *Hydrangea* L. regenerant plants to *ex vitro* conditions 112

Pysarenko N., Zakharchuk N., Oliinyk T. The environmental sensitivity of potato yield formation in different maturity groups under contrasting hydrothermal conditions 119

Polishchuk V., Seletskyi V. The effect of post-emergence herbicides on the fertility of mother plants and pollen quality in sugar beet seed production 130

Pravdziva I., Vasylenko N., Khoroshko N. The effect of preceding crop on the formation of rheological properties of dough of winter wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) 137

Prysiazhniuk O., Maliarenko O., Cherniak M., Musich V., Voronenko O., Honcharuk O. Functional status of the photosynthetic apparatus in chlorotic sugar beet leaves 149

Prokopiuk T., Lozinskyi M., Hrabovskyi M., Filitska O., Samoilyk M., Fedoruk Yu. Sugar beet productivity depending on fertilization and crop rotation structure 159

Storozhenko V. Grain and by-product yields of corn hybrids from different maturity groups depending on the effects of foliar fertilization and weather conditions 167

Ustynova H., Karpuk L., Yurchenko A., Obrazhii S. Spike Length Formation in Soft Winter Wheat Varieties of Different Maturity Groups 177

Fedorenko M., Fedorenko I., Blyzniuk R., Olefirenko B., Dovbysh O. Features of the formation of grain productivity and quality indicators in collected samples of spring bread wheat 187

Chaika T., Korotkova I., Liashenko V., Lotysh I. Effects of biopreparations on soybean yield and seed quality under hydrothermal stress in organic farming systems 198

Yatsenko V., Lutsenko I., Yatsenko N., Rohalskyi S., Sichkar A., Klymovych N., Ostapchuk V. Yield of shell bean depending on cultivar type and technological purpose under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine 210

HORTICULTURE

Brovdi A., Kunpan L. Analysis of lawns condition at Uman National University 220
Kobets O., Melnikova I. Project proposals for landscaping and improving the Kozak lyceum territory of Zaporizhzhia 227
Kurka S., Ischuk H., Ischuk L., Koval S., Vitenko V. Morphometric features of *Sophora japonica* L. growth under industrial pollution conditions 237
Levandovska S., Oleshko O., Vashchuk Yu., Karpuk L., Rohovskyi S., Krupa N. Analysis of the Species Diversity of Biotic Complexes in the Historical and Cultural Landscape of the I.S. Kozlovskyi Memorial Museum-Estate 250

FORESTRY

Demyanenko S., Glotov S., Zayachuk V., Horbenko N., Chemerys I., Kliuchka S., Tkachuk O. On the fauna of Lepidoptera (Insecta) of the Kreminna forests (Luhansk Region, Ukraine) 264
Ivashchenko I., Vitenko V., Mamchur V., Koval S. Comprehensive morphometric and adaptive assessment of the suitability of *Thuja plicata* Donn ex D.Don cultivars for landscaping the Right Bank Forest Steppe of Ukraine 278

АГРОНОМІЯ

УДК 631.559:631.53.04:633.853.494"324"(477.41)

Формування врожаю сортів ріпаку озимого залежно від норм висіву в умовах ТОВ «Агросленд» Білоцерківського району Київської області

Городецький О.С., Козак Л.А., Кадькало В.М.

Білоцерківський національний аграрний університет

Городецький О.С. E-mail: o.gor@ukr.net

Городецький О.С., Козак Л.А., Кадькало В.М. Формування врожаю сортів ріпаку озимого залежно від норм висіву в умовах ТОВ «Агросленд» Білоцерківського району Київської області. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 8–18.

Gorodetsky O., Kozak L., Kadkalo V. Formation of yield of winter rapeseed varieties depending on seeding rates under the conditions of LLC «Agrosland», Bila Tserkva district, Kyiv region. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 8–18.

Рукопис отримано: 28.01.2026 р.
Прийнято: 12.02.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-8-18

ISSN 2310-9270

У статті наведено результати дворічних польових досліджень (2024–2025 рр.), проведених в умовах ТОВ «Агросленд» Білоцерківського району Київської області на чорноземі типовому середньосуглинковому. Метою роботи було здійснити порівняльну оцінку сорту Атлант та гібридів Мерседес і Ексайтед за різних норм висіву насіння (0,4; 0,6; 0,8 млн шт./га) з метою визначення оптимальних параметрів формування продуктивності та забезпечення максимального виходу олії з 1 га. Дослід закладено за двофакторною схемою у чотирикратному повторенні.

Встановлено, що польова схожість насіння у середньому за роки досліджень становила 88,8–91,6 % і переважно залежала від погодних умов. Найвищу зимостійкість відмічено у гібрида Ексайтед. Максимальна площа листкової поверхні (110,4 тис. м²/га) сформована у гібрида Ексайтед за норми висіву 0,6 млн шт./га. Урожайність насіння у 2024 році була вищою, ніж у 2025 р., що зумовлено впливом весняних заморозків та дефіциту опадів. У середньому за два роки, найвищу врожайність (3,98 т/га) забезпечив гібрид Ексайтед за норми висіву 0,6 млн шт./га, тимчасом сорт Атлант формував максимальний урожай за норми 0,8 млн шт./га.

Вміст олії в насінні слабо залежав від норми висіву і був вищим у гібридів (до 45,5 %). Вміст ерукової кислоти не перевищував нормативні показники для харчового використання. Найвищі показники економічної ефективності (чистий прибуток 28830 грн/га, рентабельність 137 %) отримано під час вирощування гібрида Ексайтед за норми висіву 0,6 млн шт./га. За ґрунтово-кліматичних умов Білоцерківщини рекомендовано висівати гібрид Ексайтед із зазначеною нормою висіву.

Ключові слова: ріпак озимий, гібрид, норма висіву, урожайність, олійність, економічна ефективність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Ріпак – третя найбільш важлива олійна культура в світі після пальми і сої, з яких виробляють рослинну олію.

Незважаючи на кризу світової економіки, ріпак в українському господарстві залишається однією з найрентабельніших культур. Відтак, цікавість до технологічних аспектів вирощування ріпаку не зменшується [1–5].

Створення сучасних високопродуктивних сортів і гібридів сприяло впровадженню цієї сільськогосподарської культури у сільське

господарство, збільшенню посівних площ, впровадженню сучасної технології вирощування ріпаку з високим рівнем рентабельності.

Вважаємо, що завдяки правильному вибору перевіреного у виробничих умовах гібрида озимого ріпаку можна отримувати високі та сталі врожаї, і дещо мінімізувати ризики вимерзання [6–9].

Встановлення оптимальної норми висіву насіння ріпаку озимого має суттєвий вплив на підвищення врожайності. У зв'язку із цим виникла необхідність вивчення впливу різних норм висіву насіння на врожайність ріпаку за вирощування різних гібридів і сортів.

Після створення селекціонерами високопродуктивних сортів ріпаку озимого з низьким вмістом ерукової кислоти, його олія отримала широке застосування в харчовій промисловості [10].

Насіння ріпаку озимого містить 28–50 % олії, має підвищену біологічну цінність з високим вмістом калорій і має велику енерговіддачу. Під час згорання 1 г ріпакової олії виділяється близько 9,5 тис. калорій. Вона містить багато кислот, фізіологічно необхідних в оптимальному співвідношенні організму людини, зокрема поліненасичені жирні кислоти – ліноленову і лінолеву [11, 12].

Ріпакова олія капустяних культур (ріпаку та суріпиці) за виробництва біодизеля забезпечує теплотворну здатність 33,1 МДж/л, яка є меншою, ніж у дизельного палива (35,1 МДж/л). Використання цієї олії як палива є доцільним і має велике значення для паливно-енергетичної галузі [13, 14].

Енергетична цінність насіння ріпаку озимого в 1,5 рази перевищує ячмінь, горох, та в 1,8 рази овес. За вмістом перетравного протеїну ріпак озимий більше ніж у 2 рази перевищує згадані зернофуражні культури [15].

Під час переробки насіння ріпаку озимого отримують шрот – цінний корм, джерело білка для тварин, який містить майже 10 % олії і до 37 % білка. Добавка ріпакового борошна в комбікорми, та шроту в раціон сільськогосподарських тварин підвищує їх продуктивність [16].

Олія з насіння старих сортів ріпаку мала високий вміст глюкозинолатів (5–7 %). Олія такого типу шкодила живому організму. Наявність шкідливих речовин в насінні ріпаку (ерукова кислота, глюкозинолати) ускладнювало його використання на кормові та харчові цілі.

Сорти, які мають мінімальний вміст ерукової кислоти позначають однонульовими "0". Олія з цих сортів ріпаку віднесена до найкращих рослинних харчових жирів за жирнокислотним складом [17].

Ціннішими для промислової переробки (фарби, пальне, пластмаси, лаки) є сорти ріпаку з високим вмістом ерукової кислоти [18].

У середині 80-х років було створено двонульові "00" сорти ріпаку озимого, які характеризувалися низьким вмістом ерукової кислоти і глюкозинолатів.

Олія ріпаку двонульових «00» сортів за вмістом жирних кислот та смаковими якостями подібна до оливкової. Межею вмісту глюкозинолатів у насінні ріпаку озимого для безпечного згодовування худобі, птиці та свиням, є 30 мікромолей в 1 г, або 0,4–1,0 % [19].

За вмістом глюкозинолатів у сухому знежиреному матеріалі сорти ділять на високоглюкозинолатні (більше 4 %), середньоглюкозинолатні (2–3 %), низькоглюкозинолатні (1–2 %).

Сорти з низьким вмістом глюкозинолатів, клітковини, ерукової кислоти та світлою оболонкою насіння, відносять до тринульових "000" [22].

Оптимальна густота стеблостою ріпаку озимого після перезимівлі має становити для сортів 60–80 рослин на 1 м^2, а для гібридів – 35–45 рослин на 1 м^2 навесні. Для одержання такої густоти рекомендується висівати сорти з нормою 1,0–1,2 млн/га, а гібриди – 500–600 тис. схожих насінин на гектар, з метою отримання оптимального стеблостою добре розвинених рослин ріпаку озимого [23–26]. У дослідах В.М. Безкоровайного і В.В. Мойсієнко кращими гібридами за урожайністю були Ексепшн та InVigor 1030, приріст урожаю насіння яких за сівби з шириною міжрядь 30 см, порівняно з шириною міжрядь 15 см, становив відповідно – 0,34 та 0,31 т/га [27].

Занадто велика густота стояння в процесі вегетації нерідко призводить до вилягання рослин. У результаті цього, спостерігаються запізніле цвітіння і недозрівання насіння, погіршується не лише якість, а також зумовлюється втрата врожаю. Крім того, велика загущеність посівів створює ідеальні умови для розвитку грибкових хвороб, як це показано на прикладі розвитку збудників некрозу кореневої шийки (*Phoma lingam*) [28, 29]. Окрім того, ріпак уражується рядом інших хвороб, найпоширенішими з яких є альтернаріоз (*Alternaria brassicicola Wilts* та *Alternaria*

brassicae Sacc.), фомоз (*Phoma lingam Desm.*), несправжня борошниста роса або пероноспороз (*Peronospora brassicae Gaeum.*), циліндроспоріоз (*Cylindrosporium concentrium Grev.*), борошниста роса (*Erysiphe communis Grev. J., brassicae Hamm.*), склеротиніоз (*Sclerotinia sclerotiorum*), що потребує також оптимальної густоти рослин та відповідного захисту, особливо у весняний період [30]. Підвищити врожайність насіння ріпаку озимого можливо завдяки вдалому добору сучасних адаптивних гібридів та відповідної густоти посіву кожного гібрида [31].

Посіви ріпаку озимого позитивно впливають на навколишнє середовище і мають екологічне значення в польових сівозмінах. Науковцями встановлено, що за період вегетації один гектар посівів ріпаку озимого здатен виділяти до 10,6 млн літрів кисню, що майже у 2,5 рази більше ніж 1 га лісу. Більше кисню за ріпак озимий виділяють лише буряки цукрові, 1 га – 15 млн літрів кисню [32, 33].

Мета дослідження – проведення порівняльної оцінки сорту та гібридів ріпаку озимого за різних норм висіву з метою визначення оптимальних параметрів формування продуктивності та забезпечення максимального виходу олії з 1 га. Передбачалося встановити вплив сортових особливостей і норм висіву насіння на врожайність та якісні показники продукції культури.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах ТОВ «Агросленд» Білоцерківського району Київської області на чорноземі типовому середньосуглинковому, закладали польові досліди згідно із загальноприйнятою методикою, за двофакторною схемою в чотирикратному повторенні, розміщення варіантів послідовне, систематичне. Облікова площа ділянки становила 24 м^2.

Схема досліду:

Фактор А. Сорти (гібриди) ріпаку озимого: 1. Сорт Атлант (контроль). 2. Гібрид Мерседес. 3. Гібрид Ексайтед.

Фактор В. Норми висіву насіння ріпаку озимого (в млн шт./га): а) 0,4; б) 0,6; в) 0,8 (контроль).

Визначали польову схожість насіння, зимостійкість, урожайність зерна, вміст олії в насінні, вміст ерукової кислоти в насінні ріпаку озимого та економічну ефективність вирощування.

Польову схожість насіння ріпаку озимого визначали за: ДСТУ 4138-2002 Польова схожість насіння.

Зимостійкість ріпаку озимого визначали за Методикою державного сортовипробування (за 9-бальною шкалою) – ДСТУ 7160:2010. Сортовипробування сільськогосподарських культур. Основні положення.

Урожайність насіння ріпаку озимого визначали за методикою: Урожайність насіння ДСТУ 7160:2010 – Сортовипробування сільськогосподарських культур. Основні положення. Методика державного сортовипробування культур. Урожайність перераховували на 100 % чистоту і стандартну вологість. Вологість визначали за методикою: ДСТУ ISO 665:2004 – Насіння олійних культур. Визначення вологості ДСТУ ISO 665:2004. Насіння олійних культур.

Вміст олії в насінні ріпаку озимого визначали за: ДСТУ ISO 659:2004. Насіння олійних культур. Визначення вмісту олії (екстракційний метод). ДСТУ ISO 659:2004. Насіння олійних культур. Визначення вмісту олії (контрольний метод) (ISO 659:1998, IDT).

Вміст ерукової кислоти в насінні ріпаку озимого визначали за ДСТУ ISO 5509:2002 – метод газової хроматографії ДСТУ ISO 5509:2002. Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT) та норматив для харчового ріпаку: ДСТУ 4966:2008. Ріпак. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 9 с.

Площу листкової поверхні ріпаку озимого визначали по фазах розвитку методом висічок за формулою:

$$П=(M\times n\times k)/m,$$

де $П$ – площа листкової поверхні;
M – маса всіх листків у пробі;
n – площа однієї висічки;
k – кількість висічок;
m – маса висічок.

Економічну ефективність вирощування ріпаку озимого визначали методом розрахунку собівартості продукції, чистого прибутку та рівня рентабельності. Розрахунки здійснювали на основі технологічних витрат і вартості реалізованої продукції відповідно до чинних методичних рекомендацій з економічного аналізу в аграрному виробництві.

Результати дослідження та обговорення. Формування густоти рослин починається під час сівби. Встановлено, що польова схожість насіння ріпаку озимого більше залежить від погодних умов ніж від досліджуваних факторів. Зокрема слід відмітити

тенденцію щодо збільшення польової схожості насіння в гібридів порівняно із сортами ріпаку (табл. 1).

Дані таблиці 1 свідчать, що польова схожість, у середньому по досліду, становила 88,8–91,6 % і майже не залежала від норм висіву насіння.

Осінньо-зимові періоди 2024 та 2025 рр. були сприятливими для перезимівлі більшості озимих польових культур, зокрема озимого ріпаку. Найвища зимостійкість спостерігалася у рослин гібрида Ексайтед (табл. 2).

На варіантах з більшими нормами висіву (0,6 і 0,8 млн шт.), порівняно з варіантом 0,4 млн шт., відсоток збережених рослин (як показник зимостійкості) був вищим.

Максимальна плаща листкової поверхні рослин ріпаку озимого була сформована посівами у фазу повного цвітіння ріпаку. Залежно від сортових особливостей та норм висіву насіння вона коливалася в межах 86,6–110,8 тис. м^2/га.

Найкращий показник було виявлено у гібрида Ексайтед у варіанті з нормою висіву насіння 0,6 млн шт./га. (рис. 1).

Площа листкової поверхні посіву становила 110,4 тис. м^2/га, і перевищувала цей показник у контрольному варіанті майже на 21,9 тис. м^2/га. Найменша площа листкової поверхні була сформована посівами сорту Атлант у варіанті з нормою висіву 0,4 млн шт./га і становила 86,6 тис. м^2/га (рис. 2).

Таблиця 1 – **Польова схожість насіння ріпаку озимого,** % (середнє за 2024–2025 рр.)

Норма висіву насіння ріпаку, млн шт./га	Сорт, гібрид		
	Атлант	Мерседес	Ексайтед
0,4	89,0	91,4	91,4
0,6	89,2	91,3	91,6
0,8	88,8	91,2	91,5

Таблиця 2 – **Зимостійкість ріпаку озимого,** % (середнє за 2024–2025 рр.)

Норма висіву насіння ріпаку, млн шт./га	Сорт, гібрид		
	Атлант	Мерседес	Ексайтед
0,4	87,6	86,2	88,6
0,6	88,9	89,9	91,8
0,8	90,2	88,3	90,3

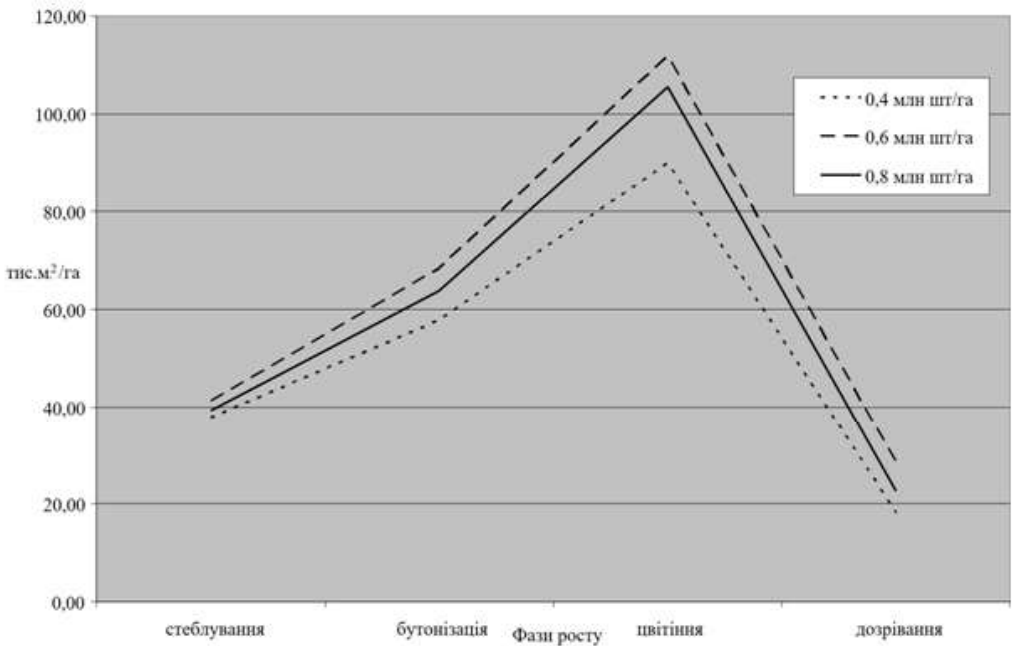


Рис. 1. **Динаміка формування площі листкової поверхні ріпаку озимого** (гібрид Ексайтед).

Результати досліджень свідчать, що площа листкової поверхні ріпаків мало вирізнялася між собою. Зокрема, у гібрида Мерседес площа листкової поверхні була приблизно однаковою з гібридом Ексайтет, хоча й дещо поступалася останньому (рис. 3).

У результаті досліджень, проведених в 2024–2025 рр. встановлено, що на рівень урожайності ріпаку озимого впливали всі фактори, що досліджувалися: сортові особливості, норми висіву насіння, погодні умови (табл. 3).

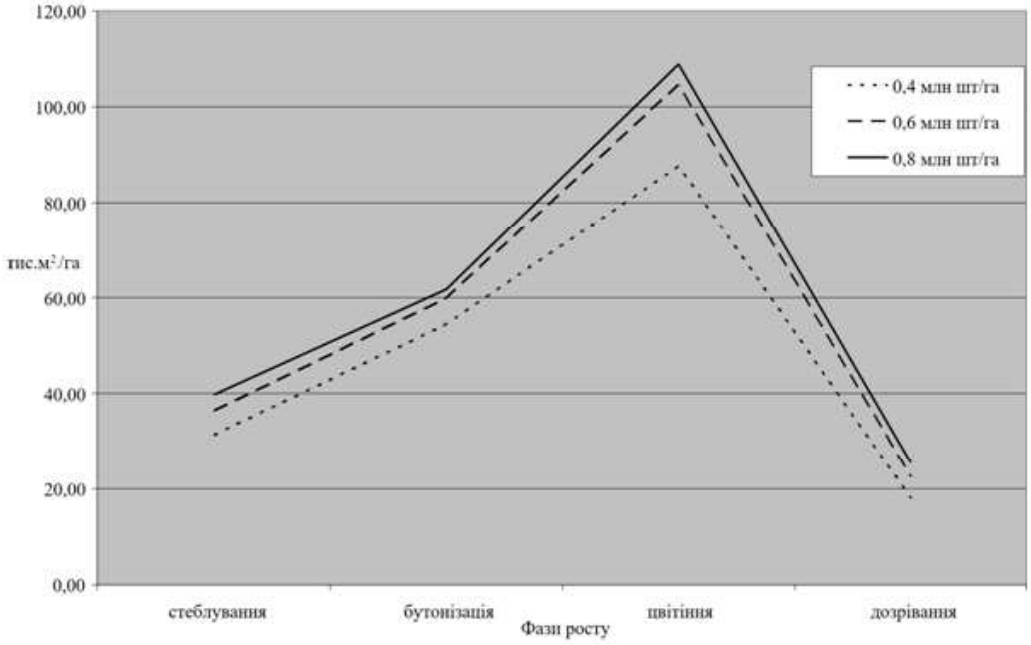


Рис. 2. **Динаміка формування площі листкової поверхні ріпаку озимого** (сорт Атлант).

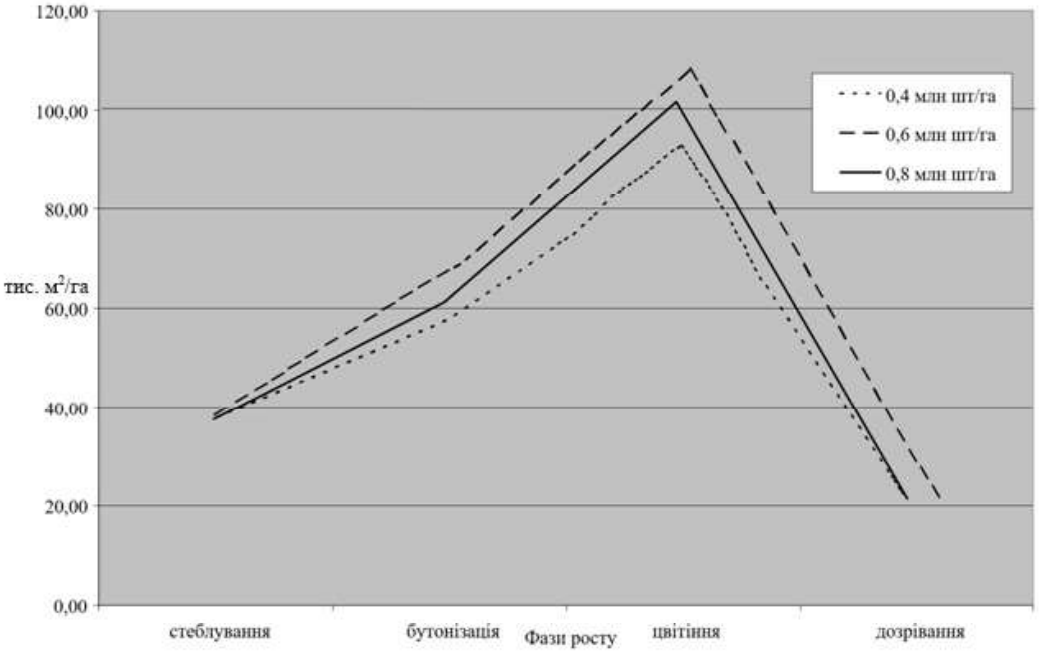


Рис. 3. **Динаміка формування площі листкової поверхні ріпаку озимого** (гібрид Мерседес).

Таблиця 3 – **Урожайність насіння ріпаку озимого, т/га**

Сорт, гібрид	Норма висіву насіння ріпаку, млн шт./га	Роки		
		2024	2025	середнє за два роки
Атлант	0,4	2,86	2,41	2,64
	0,6	3,32	2,98	3,15
	0,8	3,49	3,19	3,34
Мерседес	0,4	3,15	2,86	3,01
	0,6	3,64	3,48	3,56
	0,8	3,63	3,54	3,59
Ексайтед	0,4	3,63	3,16	3,40
	0,6	4,17	3,78	3,98
	0,8	4,15	3,81	3,98
$НІР_{05}$	Фактор А Фактор В	0,05 0,06		

Незалежно від досліджуваних факторів, урожайність насіння у 2024 році була вищою ніж у 2025 р. Вона змінювалась: у сорту від 2,86 т/га за норми висіву 0,4 млн шт./га до 3,49 т/га за норми висіву 0,8 млн шт./га схожих насінин. Аналогічна тенденція спостерігалась також у гібрида Мерседес – від 3,15 до 3,63 т/га та гібрида Ексайтед – від 3,63 до 4,15 т/га. У 2025 р. урожайність насіння по всіх варіантах була значно нижчою, що було зумовлено заморозками в квітні (вони пригнітили розвиток ріпаку озимого) та меншою кількістю опадів у весняний період. Не зважаючи на це, збереглася залежність рівня врожайності від досліджуваних факторів аналогічно до 2024 року.

У середньому за два роки, найвищу врожайність насіння ріпаку озимого формував гібрид Ексайтед (3,40–3,98 т/га), нижчу – сорт Атлант (2,64–3,34 т/га). Вплив норми висіву на врожайність насіння ріпаку озимого мав суттєві відмінності між гібридами та сортом. За вирощування сорту Атлант найвища врожайність була сформована за норми висіву насіння на рівні 0,8 млн шт./га. Збільшення норми висіву насіння ріпаку озимого за вирощування гібридів до 0,8 млн шт./га не приводило до підвищення врожайності.

Отже, встановлено, що найвищу врожайність (3,98 т/га) формує гібрид Ексайтед за норми висіву насіння 0,6 млн шт. на 1 га насінин. За вирощування сорту Атлант норму висіву ріпаку слід встановлювати на рівні 0,8 млн шт. насінин на 1 га.

Результати досліджень показали, що використання різних норм висіву насіння не впливало на вміст олії в насінні (табл. 4). Однак, вміст олії в насінні гібридів був дещо вищим.

Аналізуючи показники олійності насіння ріпаку озимого сорту Атлант, потрібно відмітити, що залежно від норми висіву насіння вони змінювались у межах від 42,4 до 42,9 %.

У результаті досліджень було встановлено (табл. 5), що вміст ерукової кислоти у насінні ріпаку озимого насамперед залежав від сортових особливостей. Він був меншим у насінні ріпаку озимого гібрида Ексайтед (0,35–0,37 %), а вищим – у сорту Атлант (0,46–0,49 %).

Таблиця 4 – **Вміст олії в насінні ріпаку озимого,** % (середнє за 2024–2025 рр.)

Норма висіву насіння, млн шт./га	Сорт, гібрид		
	Атлант	Мерседес	Ексайтед
0,4	42,9	43,3	44,6
0,6	42,4	43,1	45,5
0,8	42,8	43,3	44,8

Таблиця 5 – **Вміст ерукової кислоти в насінні ріпаку озимого,** % (середнє за 2024–2025 рр.)

Норма висіву насіння, млн шт./га	Сорт, гібрид		
	Атлант	Мерседес	Ексайтед
0,4	0,46	0,44	0,35
0,6	0,47	0,43	0,36
0,8	0,49	0,45	0,37

Отже, у результаті досліджень можна зробити обґрунтований висновок, що насіння ріпаку озимого можна використовувати і в харчовій промисловості, оскільки воно має низький вміст ерукової кислоти.

Як свідчать дані наших розрахунків (табл. 6), найбільший чистий прибуток з одного гектара за вирощування гібрида Ексайтед отримали на другому варіанті досліду, де сівбу ріпаку проводили з нормою висіву 0,6 млн схожих зерен на 1 га.

Найвищу врожайність (3,98 т/га) отримано за вирощування гібрида Ексайтед із нормою висіву 0,6 млн схожих насінин на 1 га.

Застосування різних норм висіву практично не впливало на вміст олії в насінні. Найвищий показник олійності (45,5 %) зафіксовано у гібрида Ексайтед за норми висіву 0,6 млн насінин/га, найнижчий (42,4 %) – у сорту Атлант за аналогічної норми.

Найбільшу вартість валової продукції (49910 грн/га) отримано за вирощування гібрида Ексайтед за норми висіву 0,6 млн схожих насінин/га. Рівень рентабельності за цього варіанта був найвищим у досліді та становив 137 %.

Таблиця 6 – **Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого гібрида Ексайтед за різних норм висіву** (середнє за 2024–2025 рр.)

Норма висіву, млн/га	Врожайність, т/га	Вартість продукції з 1 га, грн	Виробничі затрати на 1 га, грн	Собівартість 1 ц продукції, грн	Чистий прибуток з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
0,8	2,68	44470	22750	817	21710	95
0,6	3,02	49910	21070	675	28830	137
0,4	2,89	47830	21970	732	25910	118

Чистий прибуток на цьому варіанті становив 28830 грн з 1 га, собівартість 1 т насіння була найнижчою порівняно з іншими варіантами і становила 675 грн, а рівень рентабельності найвищий – 137 %.

Найменші показники економічної ефективності, а саме величина чистого прибутку та рівень рентабельності виробництва, були на варіанті з найбільшою нормою висіву насіння 0,8 млн/га. Вони відповідно становили 21710 грн з 1 га та 95 %.

Показники економічної ефективності вирощування сорту Атлант та гібрида Мерседес були нижчими за показники ефективності вирощування гібрида Ексайтед, тому ми ці дані не наводили.

Висновки. Польова схожість насіння ріпаку озимого більшою мірою залежала від погодних умов, ніж від досліджуваних факторів. У середньому за два роки досліджень цей показник становив 88,8–91,6 %.

Найвищу зимостійкість відмічено у гібрида Ексайтед. У сорту Атлант найкращі показники зимостійкості зафіксовано за норми висіву 0,8 млн схожих насінин/га, тимчасом у гібридів – за норми 0,6 млн схожих насінин/га.

Максимальна площа листкової поверхні рослин формувалася у фазу повного цвітіння. Найбільшу площу листкової поверхні (110,4 тис. м²/га) забезпечили посіви гібрида Ексайтед за норми висіву 0,6 млн насінин/га. Найменшу (86,6 тис. м²/га) – посіви сорту Атлант за норми висіву 0,4 млн насінин/га.

В умовах Білоцерківщини на чорноземах типових малогумусних доцільно рекомендувати вирощування гібрида ріпаку озимого Ексайтед із нормою висіву 0,6 млн схожих насінин на 1 га, що забезпечує рентабельність виробництва на рівні 137 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гойсалюк Я. Захист посівів озимого ріпаку від шкідливих організмів. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. 2008. № 12(1). С. 131–135.

2. Штанько М. Ріпак озимий не втрачає своїх позицій. Агронаука і практика. 2024. Вип. 3. Ч. 4. DOI: 10.32636/agroscience.2024-(3)-4-1

3. Гаврилюк А. Яка роль ріпаку озимого в сучасних сівозмінах. Agrotimes.ua. 2026. URL: https://agrotimes.ua/agronomiya/yaka-rol-ripaku-ozymogo-v-suchasnyh-sivozminah-naukovczi/

4. Забарний О.С., Забарна Т.А. Вплив погодніх умов на перезимівлю озимого ріпаку залежно від факторів інтенсифікації. Корми і кормовиробництво. 2023. Вип. 95. С. 97–107. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202395-08

5. Шкатула Ю.М., Дідик О.А. Продуктивність ріпаку озимого в умовах ФГ «Врожайне» Вінницької області. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. № 1/107. DOI: 10.31548/dopovidi.1(107).2024.009

6. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку / Г.І. Лазар та ін. Київ: Глобус-Принт, 2006. 100 с.

7. Мазур В.А., Мацера О.О., Шкатула Ю.М., Забарний О.С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність і якість насіння ріпаку озимого в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ВНАУ, 2025. 192 с. URL: http://repository.vsau.vin.ua/getfile.php/40254.pdf

8. Забарний О.С., Забарна Т.А. Особливості догляду за посівами ріпаку озимого у весняний період. Сільське господарство та лісівництво: журнал науково-виробничого та навчального спрямування. 2024. 32. С. 50–62. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-5

9. Ткачук О.П., Разанов С.Ф., Банул С.О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. Ukrainian Journal of Natural Sciences. 2024. № 7. С. 175–181. DOI: 10.32782/naturaljournal.7.2024.19

10. Технологія вирощування озимого ріпаку на насіння: методичні рекомендації / М.П. Бондаренко та ін. Сумський інститут АПВ. 2010. 20 с.

11. Вожегова Р., Влащук А., Шапарь Л. Коли краще сіяти ріпак. Farmer. 2017. № 8(92). С. 108–109.

12. Вплив строків сівби та норм висіву на урожайність і вихід кондиційного насіння сортів ріпаку озимого в умовах Південного Степу України / Р. Вожегова та ін. Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія. 2018. № 22(1). С. 279–283.

13. Базалій В.В., Керімов А.Н., Донець А.О. Продуктивність і якість насіння сортів ріпаку озимого залежно від норм висіву та фону живлення в умовах півдня України. Таврійський науковий вісник. 2015. № 93. С. 6–13.

14. Телекало Н.В., Купчук І.М., Гонтарук Я.В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель. Аграрні інновації. Меліорація, землеробство, рослинництво. № 13. 2022. С. 149–154. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.13.23

15. Гайдаш В. Ріпак: його сучасний стан і перспективи в Україні. Пропозиція. 2002. № 8.

16. Дмитришак М.Я., Мокрієнко В.А., Юник А.В. Технології виробництва продукції технічних культур: навч. посіб. Київ: ДДП «Експо-Друк», 2016. 439 с.

17. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. Київ: Аграрна освіта, 2001. 456 с.

18. Базалій В.В., Керімов А.М., Донець А.А. Продуктивність та якість насіння сортів ріпаку озимого в залежності від норм висіву та фону харчування в умовах півдня України. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2015. № 93. С. 6–13.

19. Лихочвор В.В. Ріпак озимий та ярий. Львів: Українські технології, 2002. 48 с.

20. Юрчук С.С., Вишневський С.П. Оцінка колекційних зразків ріпаку озимого за екологічною пластичністю і стабільністю. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. № 31. С. 46–57. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-05

21. Забарний О.С., Забарна Т.А. Екологічні ризики при вирощуванні ріпаку. Збалансоване природокористування. Науково-практичний журнал. 2024. № 3. С. 114–118. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2024.314929

22. Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Ріпак. Львів: НВФ «Українські технології», 2005. 88 с.

23. Коломієць Н. Норми висіву ріпаку. Пропозиція. 2012. № 6. С. 42–43.

24. Забарний О.С., Шкатула Д.Ю. Вплив агротехнічних прийомів вирощування ріпаку озимого на густоту стояння рослин та урожайність. Аграрні інновації. 2025. № 33. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.33.19

25. Юрчук С. Вплив норм висіву та способу сівби на врожайність ріпаку озимого. Агрономія сьогодні. 2020. URL: https://agro–business.com.ua/agro/ahronomiia–sohodni/item/18620–vplyv–norm–vysivu–ta–sposobu–sivby–na–vrozhainist–ripaku–ozymoho. html

26. Бахмат М.І., Сендецький І.В. Особливості перезимівлі ріпака озимого за різних норм висіву та застосування регулятора росту. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки. 2020 Вип. 32. С. 20–25. DOI: 10.37406/2706-9052-2020-1-2

27. Безкоровайний В.М., Мойсієнко В.В. Формування врожайності та якості насіння ріпаку озимого залежно від гібридів і способів сівби в умовах Лісостепу Правобережного. Український журнал природничих наук. 2024. № 9. С. 169–179. DOI: 10.32782/naturaljournal.9.2024

28. Марков І.Л. Сучасні технології вирощування ріпаку (європейський досвід). Агроном. 2006. № 1. 56 с.

29. Минкін М.В., Минкіна Г.О. Вплив системи обробітку грунту та площі живлення на урожайність ріпаку озимого в умовах півдня України. Таврійський науковий вісник. 2023. № 134. С. 97–102. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.134.14

30. Забарний О.С., Забарна Т.А. Особливості догляду за посівами ріпаку озимого у весняний період. Сільське господарство та лісівництво. Рослинництво, сучасний стан та перспективи розвитку. 2024. № 32. С. 50–63. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-5

31. Безкоровайний В.М., Мойсієнко В.В. Насіннєва продуктивність гібридів ріпаку озимого залежно від ширини міжрядь в умовах Лісостепу Правобережного. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2024. Вип. 75 (2). С. 20–29. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-2

32. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування / С.М. Каленська та ін. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2017. 25. С. 48–57.

33. Мельничук С. Оцінка адаптивної здатності та стабільності генотипів ріпаку озимого. Науковий вісник. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2012. Вип. 176. С. 89–95.

REFERENCES

1. Hoisaliuk, Ya. (2008). Zakhyst posiviv ozymoho ripaku vid shkidlyvykh orhanizmiv [Protection of winter rapeseed crops from harmful organisms]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia [Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Agronomy]. no. 12(1), pp. 131–135.

2. Shtanko, M. (2024). Ripak ozymyi ne vtrachaie svoikh pozytsii [Winter rapeseed does not lose its positions]. Ahronauka i praktyka [Winter rapeseed does not lose its positions]. Issue 3(4), part 4. DOI: 10.32636/agroscience.2024-Issue (3)-4-1

3. Havryliuk, A. (2026). Yaka rol ripaku ozymoho v suchasnykh sivozminakh. [What is the role of winter rapeseed in modern crop rotations?]. Agrotimes.ua. Available at: https://agrotimes.ua/agronomiya/yaka-rol-ripaku-ozymogo-v-suchasnyh-sivozminah-naukovczi/

4. Zabaranyi, O.S., Zabarna, T.A. (2023). Vplyv pohodnikh umov na perezymivliu ozymoho ripaku zalezhno vid faktoriv intensyfikatsii [The influence of weather conditions on the overwintering of winter rapeseed depending on intensification factors]. Kormy i kormovyrobnytstvo [Feed and feed production]. Issue 95, pp. 97–107. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202395-08

5. Shkatula, Yu.M., Didyk, O. A. (2023). Produktyvnist ripaku ozymoho v umovakh FG "Vrozhayne" Vinnytskoi oblasti. [Productivity of winter rapeseed in the conditions of the Vrozhayne Farm in Vinnytsia region]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of NUBiP of Ukraine]. Issue 1(107). DOI: 10.31548/dopovidi.1(107).2024.009

6. Lazar, H.I., Lapa, O.M., Chekhov, A.V. (2006). Intensyvna tekhnolohiia vyroshchuvannia ripaku [Intensive rapeseed growing technology]. Kyiv, Hlobus-Prynt, 100 p.

7. Mazur, V.A., Matsera, O.O., Shkatula, Yu.M., Zabarnyi, O.S. (2025). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist i yakist nasinnia ripaku ozymoho v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [The influence of elements of growing technology on the productivity and quality of winter rapeseed in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe: monograph]. Vinnytsia, VNAU, 192 p. Available at: http://repository.vsau.vin.ua/getfile.php/40254.pdf

8. Zabarnyi, O.S., Zabarna, T. A. (2024). Osoblyvosti dohliadu za posivamy ripaku ozymoho u vesnianyi period [Features of caring for winter rapeseed crops in the spring]. Sil′s′ke hospodarstvo ta lisivnytstvo: zhurnal naukovo-vyrobnychoho ta navchal′noho spryamuvannya [Agriculture and forestry: a journal of scientific, production and educational direction]. no. 32, pp. 50–62. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-5

9. Tkachuk, O.P., Razanov, S.F., Banul, S.O. (2024). Naukovi pryntsypy pidboru sortiv i hibrydiv ripaku ozymoho [Scientific principles of selection of winter rapeseed varieties and hybrids.]. Ukrainian Journal of Natural Sciences. no. 7, pp. 175–181. DOI: 10.32782/naturaljournal.7.2024.19

10. Bondarenko, M.P., Sobko, M.H., Nahornyi, V.I. (2010). Tekhnolohiia vyroshchuvannia ozymoho ripaku na nasinnia: metodychni rekomendatsii [Scientific principles of selection of winter rapeseed varieties and hybrids]. Sumy Institute of AVR, 20 p.

11. Vozhehova, R., Vlashchuk, A., Shapar, L. (2017). Koly krashche siiaty ripak? [When is it better to sow rapeseed?]. Farmer. Issue 8(92), pp. 108–109.

12. Vozhehova, R., Lavrynenko, Yu., Vlashchuk, A., Shapar, L., Dziuba, M. (2018). Vplyv strokiv sivby ta norm vysivu na urozhainist ta vykhid kondytsiinoho nasinnia sortiv ripaku ozymoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [The influence of sowing dates and seeding rates on the yield and yield of conditioned seeds of winter rapeseed varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. Visnyk Lvivskoho NAU. Ahronomiia [Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Agronomy]. no. 22(1), pp. 279–283.

13. Bazalii, V.V., Kerimov, A.N., Donets, A.O. (2015). Produktyvnist i yakist nasinnia sortiv ripaku ozymoho zalezhno vid norm vysivu ta fonu zhyvlennia v umovakh pivdnia Ukrainy [Productivity and quality of seeds of winter rapeseed varieties depending on sowing rates and nutritional background in the conditions of southern Ukraine]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. no. 93, pp. 6–13.

14. Telekalo, N.V., Kupchuk, I.M., Hontaruk, Ya.V. (2022). Efektyvnist vyroshchuvannia ta pererobky ozymoho ripaku na biodyzel [Efficiency of growing and processing winter rapeseed into biodiesel]. Ahrarni innovatsii. Melioratsiya, zemlerobstvo, roslynnytstvo [Agricultural innovations. Land reclamation, agriculture, crop production]. no. 13, pp. 149–154. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.13.23

15. Haidash, V. (2002). Ripak: yoho suchasnyi stan i perspektyvy v Ukraini [Rapeseed: its current state and prospects in Ukraine]. Propozytsiia [Offer]. no. 8.

16. Dmytryshak, M.Ya., Mokriienko, V.A., Yunik, A.V. (2016). Tekhnolohii vyrobnytstva produktsii tekhnichnykh kultur [Production technologies of industrial crops. Training manual]. Kyiv, Expo-Druk, 439 p.

17. Zinchenko, O.I., Salatenko, V.N., Bilonozhko, M.A. (2001). Roslynnytstvo [Crop production]. Kyiv, Agricultural education, 456 p.

18. Bazalii, V.V., Kerimov, A.M., Donets, A.A. (2015). Produktyvnist ta yakist nasinnia sortiv ripaku ozymoho v zalezhnosti vid norm vysivu ta fonu kharchuvannia v umovakh pivdnia Ukrainy [Productivity and quality of seeds of winter rapeseed varieties depending on sowing rates and nutritional background in the conditions of southern Ukraine. Agriculture, crop production, vegetable growing and melon growing]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. Kyiv, Issue 93, pp. 6–13.

19. Lykhochvor, V.V. (2002). Ripak ozymyi ta yaryi [Winter and spring rapeseed]. Lviv, Ukrainian technologies, 48 p.

20. Yurchuk, S.S., Vyshnevskyi, S.P. (2021). Otsinka kolektsiinykh zrazkiv ripaku ozymoho za

ekolohichnoiu plastychnistiu i stabilnistiu. [Assessment of winter rapeseed collection samples for ecological plasticity and stability]. NTB Instytutu olinykh kultur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of the NAAS]. no. 31, pp. 46–57. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-05

21. Zabarnyi, O.S., Zabarna, T.A. (2024). Ekolohichni ryzyky pry vyroshchuvanni ripaku [Environmental risks in growing rapeseed. Balanced nature management]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Scientific and practical journal]. no. 3, pp. 114–118. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2024.314929

22. Lykhochvor, V.V., Prots, R.R. (2005). Ripak [Rapeseed]. Lviv, NFF "Ukrainian Technologies", 88 p.

23. Kolomiiets, N. (2012). Normy vysivu ripaku [Rapeseed seeding rates]. Propozytsiia [Offer]. no. 6, pp. 42–43.

24. Zabarnyi, O.S., Shkatula, D. Yu. (2025). Vplyv ahrotekhnichnykh pryiomiv na hustotu stoiannia roslyn ta urozhainist [The influence of agrotechnical methods of growing winter rapeseed on plant density and yield]. Ahrarni innovatsii [Food innovations]. no. 33. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.33.19

25. Yurchuk, S. (2020). Vplyv norm vysivu ta sposobu sivby na vrozhainist ripaku ozymoho [The influence of seeding rates and sowing methods on the yield of winter rapeseed. Agronomy today]. Ahronomiia sohodni. [Agronomy today]. Available at: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/18620-vplyv-norm-vysivu-ta-sposobu-sivby-na-vrozhainist-ripaku-ozymoho.html

26. Bakhmat, M.I., Sendetskyi, I.V. (2020). Osoblyvosti perezymivli ripaku ozymoho za riznykh norm vysivu ta zastosuvannia rehuliatora rostu [Features of winter rapeseed overwintering at different seeding rates and use of growth regulators]. Podil's'kyj visnyk: sil's'ke gospodarstvo, tehnika, ekonomika. Sil's'kogospodars'ki nauky [Podolsk Bulletin: Agriculture, Technology, Economics. Agricultural Sciences]. Issue 32, pp. 20–25. DOI: 10.37406/2706-9052-2020-1-2

27. Bezkorovainyi, V.M., Moisiienko, V.V. (2024). Formuvannia vrozhainosti ta yakosti nasinnia ripaku ozymoho zalezhno vid hibrydiv i sposobiv sivby [Formation of yield and quality of winter rapeseed seeds depending on hybrids and sowing methods in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe]. Ukrai'ns'kyj zhurnal pryrodnychyh nauk Ukrainian [Journal of Natural Sciences]. no. 9, pp. 169–179. DOI: 10.32782/naturaljournal.9.2024

28. Markov, I.L. (2006). Suchasni tekhnolohii vyroshchuvannia ripaku (ievropeiskyi dosvid) [Modern technologies for growing rapeseed (European experience)]. Ahronom [Agronomist]. no. 1, 56 p.

29. Mynkin, M.V., Mynkina, H.O. (2023). Vplyv systemy obrobitku gruntu ta ploshchi zhyvlennia na urozhainist ripaku ozymoho v umovakh pivdnia Ukrainy [The influence of tillage system and feeding area on winter rapeseed yield in southern Ukraine]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. no. 134, pp. 97–102. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.134.14

30. Zabarnyi, O.S., Zabarna, T.A. (2024). Osoblyvosti dohliadu za posivamy ripaku ozymoho u vesnianyi period [Features of caring for winter rapeseed crops in the spring.]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. Roslynnyctvo, suchasnyj stan ta perspektyvy rozvytku [Agriculture and forestry. Crop production, current state and development prospects]. no. 32, pp. 50–63. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-5

31. Bezkorovainyi, V.M., Moisiienko, V.V. (2024). Nasinieva produktyvnist hibrydiv ripaku ozymoho zalezhno vid shyryny mizhriad [Seed productivity of winter rapeseed hybrids depending on the row spacing in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]. Issue 75(2), pp. 20–29. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-2

32. Kalenska, S.M., Yeremenko, O.A., Taran, V.H., Krestianinov, Ye.V., Ryzhenko, A.S. (2017). Adaptyvnist polovykh kultur za zminnykh umov vyroshchuvannia. [Adaptability of field crops under changing growing conditions]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. no. 25, pp. 48–57.

33. Melnychuk, S. (2012). Otsinka adaptyvnoi zdatnosti ta stabilnosti henotypiv ripaku ozymoho [Assessment of adaptive capacity and stability of winter rapeseed genotypes]. Naukovyj visnyk. Nacional'nyj universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrai'ny [Scientific Bulletin. National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine]. Issue 176, pp. 89–95.

Formation of yield of winter rapeseed varieties depending on seeding rates under the conditions of LLC «Agrosland», Bila Tserkva district, Kyiv region

Gorodetsky O., Kozak L., Kadkalo V.

The article presents the results of two-year field experiments (2024–2025) conducted at LLC «Agrosland» in Bila Tserkva district, Kyiv region on typical medium loamy black soil.

The aim of the study was to perform a comparative evaluation of the winter rapeseed variety Atlant and the hybrids Mercedes and Exaited under different seeding rates (0.4, 0.6, and 0.8 million seeds per hectare) in order to determine optimal productivity parameters and ensure maximum oil yield per hectare. The experiment was established according to a two-factor design with four replications.

Field emergence averaged 88.8–91.6 % and depended mainly on weather conditions. The highest winter hardiness was recorded for the hybrid Exaited. The maximum leaf area (110.4 thousand m²/ha) was formed by Exaited at a seeding rate of 0.6 million seeds/ha.

Seed yield in 2024 exceeded that of 2025 due to spring frosts and lower precipitation in the latter

year. On average over two years, the highest yield (3.98 t/ha) was obtained from Exaited at a seeding rate of 0.6 million seeds/ha, while the variety Atlant showed maximum productivity at 0.8 million seeds/ha.

Oil content was only slightly affected by seeding rate and was higher in the hybrids (up to 45.5 %). The erucic acid content met the standards for food-grade rapeseed. The highest economic efficiency (net profit of UAH 28,830 per ha; profitability of 137 %) was achieved when growing Exaited at a seeding rate of 0.6 million seeds/ha.

Under the soil and climatic conditions of Bila Tserkva district, the hybrid Exaited at this seeding rate is recommended for cultivation.

Key words: winter rapeseed, hybrid, seeding rate, yield, oil content, economic efficiency.

Copyright: Городецький О.С., Козак Л.А., Кадькало В.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:
Городецький О.С. https://orcid.org/0009-0006-1179-1073
Козак Л.А. https://orcid.org/0000-0002-7770-9734

АГРОНОМІЯ

УДК 631.445.4/.51.021/.8:633.854.78:631.559

Зміна агрофізичних показників родючості чорнозему типового і урожайності соняшнику залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційних сівозмінах

Войтовик М.В., Примак І.Д., Качан Л.М., Павліченко А.А., Панченко О.Б.

Білоцерківський національний аграрний університет

Войтовик М.В., Примак І.Д., Качан Л.М., Павліченко А.А., Панченко О.Б. Зміна агрофізичних показників родючості чорнозему типового і урожайності соняшнику залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційних сівозмінах. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 19–29.

Voytovik M., Primak I., Kachan L., Pavlichenko A., Panchenko O. Changes in agrophysical fertility indicators of typical chornozem and sunflower yield depending on primary tillage and fertilization systems in short crop rotations. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 19–29.

Рукопис отримано: 09.03.2026 р.
Прийнято: 24.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-19-29

ISSN 2310-9270

У трирічних (2022–2024) дослідах Білоцерківського НАУ найвищий вміст повітряно-сухих агрономічно цінних агрегатів під соняшником сформовано в орному шарі чорнозему типового за безполицево-полицевого обробітку в п'ятипільних сівозмінах.

Структурний стан орного шару істотно кращий за органо-мінеральної та органічної систем удобрення. Дисковий і безполицево-полицевий обробітки забезпечили зростання водотривких агрегатів на 2–6 %.

Щільність складення верхнього шару (0–10 см) у фазу сходів за безполицево-полицевого обробітку неістотно (на 0,03 г/см^3), а за дискового – істотно (на 0,07 г/см^3) перевищує контроль. У фазу повної стиглості вона майже однакова.

На початку вегетації щільність орного шару найвища за дискового, найнижча – за полицево-безполицевого обробітку, перед збиранням – вирівнюється.

У фазу сходів загальна пористість орного шару за полицево-безполицевого обробітку найвища за органо-мінеральної системи (54,8 %), а за безполицево-полицевого – органічної (57,3 %).

Твердість ґрунту найнижча за полицево-безполицевого, найвища – за дискового обробітку і не перевищує оптимум.

За дискового обробітку урожайність соняшнику зменшувалась, проте на неудобрених ділянках неістотно, що вказує на можливість мінімалізації обробітку. За безполицево-полицевого обробітку відмічено істотне підвищення урожайності у плодозмінній сівозміні за мінеральної й органо-мінеральної систем удобрення, у зернопросапній – органо-мінеральної, просапній – мінеральної; на інших варіантах відхилення неістотні.

Ключові слова: чорнозем типовий, сівозміна, обробіток, удобрення, структура, будова, твердість, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На науково обґрунтовану сівозміну, за результатами досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН України», припадає 33 % приросту урожаю пшениці, 35 – гороху, 42 – сої, 22 % соняшнику. Однобічне кон'юнктурно-ринкове використання ріллі з надмірною часткою зернових і олійних культур призведе до великих втрат родючості, для відновлення якої знадобиться понад 50 років. Частка соняшнику у структурі посівних площ сягнула 20 % і більше, що в два рази перевищує норму. Та й повертати його на попереднє поле вирощування потрібно не раніше 6 років. Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 164 від 11.02.2010 р. «Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах у різних природно-сільськогосподарських регіонах» частка посівів соняшнику у сівозмінах не має перевищувати у Лісостепу 5–9 %, Північному і Південному Степу відповідно 10 і 12–15 % [1, 2].

На чорноземі типовому малогумусному Лівобережного Лісостепу України найвищу урожайність соняшнику (2,76 т/га) отримано за його частки в семипільній сівозміні 14,3 %. Підвищення останньої поступово знижує його урожайність. Вчені констатують, що в науково обґрунтованих сівозмінах за дотримання технології вирощування резистентних гібридів і сортів олійної культури частку її в польових сівозмінах можна збільшити до 20 % з періодом повернення на попереднє місце через п'ять років [3].

У диверсифікованій сівозміні: пшениця озима – кукурудза – просо – горох посушливого степу США за системи No-till сприяє розвитку у ґрунті мікоризи і базидіоміцетів, що поліпшує структурний стан і пористість ґрунту. Інфільтрація ґрунту за 17-річного застосування No-till зросла втричі [4].

У п'ятипільних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України за частки посівів соняшнику 20 і 40 % отримано найвищий урожай насіння – 3,01–3,13 т/га. За частки 60 % цей показник зменшився на 0,47 т/га, рентабельність на 25,9 %, проте сівозміна стала найбільш рентабельною – 72,5 %. Найбільш високий коефіцієнт енергетичної ефективності (3,03) за частки соняшнику 20 % [4].

Спосіб, глибина, захід і засіб основного обробітку ґрунту під соняшник, як і під інші рільничі рослини, визначається типом, підтипом, видом сівозміни, ґрунтовою відміною, забур'яненістю, зволоженістю, ерозійною і дефляційною небезпекою, кліматичними умовами, системами удобрення та захисту рослин тощо. Однозначно відповісти на це питання неможливо, хоча в підручниках і навчальних посібниках з рослинництва рекомендують під соняшник глибокий обробіток плугом або плоскорізом [5, 6].

Найвища врожайність культур п'ятипільної зернопросапної сівозміни отримана за оранки плугом ПО-3-35 чорнозему типового малогумусного під ячмінь ярий і горох на глибину 20–22 см, пшеницю озиму – 16–18, під кукурудзу і соняшник – 23–25 см [7].

Твердість чорнозему звичайного глибокого середньогумусного у посівах сої за оранки найнижча незалежно від попередників (соняшник, соя, кукурудза, пшениця озима). У досліді Інституту сільського господарства Степу НААН за прямої сівби цей показник значно підвищився в шарах ґрунту 24–32 см за просапних попередників [8].

Структурний стан орного шару чорнозему типового істотно не змінювався за чотирьох систем основного обробітку в короткоротаційній сівозміні, проте за постійного дискового обробітку на глибину 10–12 см він гетерогенний за вмістом водотривких агрегатів у шарах 0–10, 10–20 і 20–30 см [9].

На чорноземі типовому Правобережного Лісостепу України в польовій десятипільній сівозміні рекомендовано глибоку оранку під соняшник і буряки цукрові, мілкий безполицевий обробіток під пшеницю озиму після кукурудзи на силос і сої та різноглибинне чизельне розпушування під решту культур [10].

У п'ятирічному (2021–2024 рр.) стаціонарному досліді ННЦ «Інститут землеробства НААН України» урожайність культур трипільної сівозміни (як одновидових так і в бінарних агрофітоценозах) на 5–25 % вища за оранки сірого лісового ґрунту на 20–22 см плугом ПЛН-3-35, ніж за дискування на 10–12 см агрегатом АГД-2,4. За обробітку плугом нижчі щільність ґрунту і забур'яненість, вищі запаси продуктивної вологи. Науковці наголошують на біоенергетичній і технологічній перевазі полицевого обробітку над безполицевим [11].

Як на зрошуваних, так і незрошуваних ділянках польового досліду в Південному Степу України вищий урожай насіння люцерни, еспарцету і буркуну отримано за глибокої (на 27–30 см) оранки, ніж за чизелювання і дискування [12].

У північній частині Степу України високу ефективність забезпечив мульчувальний обробіток чорнозему звичайного під соняшник, який диференціюється залежно від обсягів залишеної на полі соломи попередника – пшениці озимої [13, 14].

Обґрунтовано внесення на гектар ріллі класичної чотирипільної сівозміни 10 т гною + $(NPK)_{34}$ та обробіток плугом ПЛН-5-35 чорнозему типового на 20–22 см під пшеницю озиму (після конюшини лучної), на 20–22 – ячмінь ярий (з підсівом конюшини лучної), 12–14 см з наступним розпушенням Параплау на 30–32 см під буряк цукровий [15].

У Північному Степу України соняшник рекомендується висівати по оранці на 25–27 см, а на ерозійно-небезпечних полях – по плоскорізному обробітку чорнозему типового на таку ж глибину [16]. На чорноземі південному в семипільній зернопаропросапній сівозміні Лівобережного Степу України з часткою соняшнику 14,3 % рекомендується оранка на 20–22 см під просапні культури і дискування на 10–12 см – під решту культур звичайного рядкового способу сівби [17].

У типовій десятипільній зернопросапній сівозміні під соняшник пропонується у посушливі роки проводити оранку на 22–25 см,

а в зволожені – мінімальний обробіток чорнозему звичайного середньогумусного. Найбільш ефективний в сівозміні полицево-безполицевий обробіток, що передбачає оранку під просапні і нульовий обробіток під культури суцільної сівби [18].

У польових сівозмінах Лівобережного Лісостепу України рекомендована періодична (через кожні 3–4 роки) глибока оранка (не менше 25–27 см) під просапні культури. Безполицевий обробіток переважно чизельними знаряддями на 20–30 см має становити 30–50 % всієї системи основного обробітку за вирощування соняшнику, ярих зернових і зернобобових культур. Поверхневий і мілкий обробітки доцільні під озимі зернові культури. Можлива навіть пряма сівба зернових колосових культур [19].

У Південному Степу України урожайність соняшнику після пшениці озимої найвища за оранки темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту на глибину 22–24 см [20].

Незважаючи на те, що плугобудівні заводи удосконалюють і нарощують виробництво плугів [21], окремі вітчизняні науковці доводять ефективність системи No-till, Strip-till, Verti-till [22, 23]. А непоодинокі українські хлібороби повністю перейшли на ці системи [24–31].

Мета дослідження – встановити вплив різних систем основного механічного обробітку ґрунту і удобрення короткоротаційних сівозмін на зміну агрофізичних властивостей чорнозему типового і продуктивності соняшнику; запропонувати виробництву ефективне поєднання обробітку і удобрення, що забезпечує урожайність олійної рослини на рівні 2,5–3,0 т/га.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження виконані впродовж 2022–2024 рр. на чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому дослідного поля Білоцерківського НАУ в чотирьох польових п'ятипільних сівозмінах з часткою соняшнику 10, 20, 30 і 40 % (табл. 1).

У кожній сівозміні вивчали три системи основного обробітку ґрунту і чотири системи удобрення, розроблені з урахуванням показників родючості чорнозему типового і рівнів запланованої урожайності рільничих рослин. За нашими розрахунками, аргументованими агрокліматичними ресурсами, зокрема, доступної вологи, реальна урожайність соняшнику, пшениці озимої, ячменю ярого, буряків цукрових становить відповідно 4, 5, 4 і 40 т/га.

Перша система удобрення сівозмін слугувала контролем і не передбачала внесення добрив (нульова система). За другої (мінеральної) системи вносили на гектар ріллі кожної сівозміни 8 т/га гною і $N_{68}P_{72}K_{82}$ в плодозмінній, $N_{84}P_{76}K_{80}$ – зернопросапній, $N_{87}P_{75}K_{83}$ – зернопросапній спеціалізованій, $N_{68}P_{82}K_{84}$ в просапній сівозміні мінеральних добрив. Третя система удобрення (органічна) передбачала внесення на гектар ріллі 8 т/га гною і 3 т побічної продукції рільничих рослин та зеленої маси післяжнивної гірчиці білої; четверта (органо-мінеральна) – 8 т/га гною, 3,5 т маси гірчиці білої і нетоварної продукції рільничих рослин та мінеральних добрив з нормою $N_{27}P_{38}K_{45}$ у плодозмінній сівозміні, $N_{38}P_{40}K_{38}$ – зернопросапній, $N_{44}P_{37}K_{46}$ – зернопросапній спеціалізованій, $N_{39}P_{38}K_{31}$ – в просапній сівозміні. Під соняшник вносили відповідно $N_{80}P_{80}K_{80}$.

За чотириразової повторності розміщення варіантів в досліді рендомізоване. Площа облікових ділянок – 112 м^2, посівних – 171 м^2.

Агрофізичні та агрохімічні показники родючості ґрунту визначали наступними методами: структуру – методом Н.І. Саввінова і на приладі І.М. Бакшеєва, будову – методом насичення ґрунту в циліндрах водою [32].

Результати дослідження та їх обговорення. Найкращий структурний стан орного шару ґрунту в зернопросапній сівозміні за безполицево-полицевого обробітку: вміст агрономічно цінної фракції і коефіцієнт структурності становили відповідно 90,1 і 9,1 % у фазу сходів та 85,6 і 5,9 % – повної стиглості насіння олійної рослини. За полицево-безполицевого обробітку ці показники нижчі відповідно на 1,2 і 1,1 % та 2,0 і 0,8 %. Дисковий обробіток поступався контролю відповідно на 3,2 і 2,0 % (табл. 2).

У верхній (0–10 см) частині орного (0–30 см) шару загалом за вегетацію частка брил найвища за дискового обробітку – 13,3 %, за полицево-безполицевого і безполицево-полицевого вона менша відповідно на 3,8 і 4,4 %. За полицево-безполицевого, безполицево-полицевого і дискового обробітків частка розпиленої фракції становила відповідно 4,8; 4,5 і 4,1 %, а агрономічно цінної – 85,8; 86,7 і 82,7 %. Найвищий коефіцієнт структурності у фазу сходів соняшнику за полицево-безполицевого обробітку – 8,8, а за безполицево-плицевого і дискового – він відповідно на 3,4 і 42,0 % нижчий. У фазу повної стиглості насіння він однаковий за полицево-безполицевого і дискового обробітків – 4,5 та на 15,6 % вищий за безполицево-полицевого обробітку, ніж на контролі.

Таблиця 1 – **Система основного обробітку в сівозмінах**

Сівозміна	№ поля	Культура сівозміни	Варіанти (системи) основного обробітку ґрунту		
			1 полицево-безполицевий	2 безполицево-полицевий	3 дисковий
			глибина (см) і засоби проведення обробітку ґрунту*		
I Плодозмінна	1	Люцерна	-	-	-
	2	Пшениця озима	18–20 (п)	8–10 (д.б.)	10–12 (д.б.)
		Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	3	Буряки цукрові (0,5 поля)	28–30 (п)	28–30 (п)	10–12 (д.б.)
		Соняшник (0,5 поля)	25–27 (п)	25–27 (п)	10–12 (д.б.)
	4	Гречка	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	5	Ячмінь ярий з підсівом люцерни	20–22 (ч)	20–22 (ч)	10–12 (д.б.)
II Зернопросапна	1	Соя	20–22 (п)	20–22 (ч)	10–12 (д.б.)
	2	Пшениця озима	8–10 (д.б.)	8–10 (д.б.)	10–12 (д.б.)
		Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	3	Соняшник	25–27 (п)	25–27 (п)	10–12 (д.б.)
	4	Ячмінь ярий	20–22 (ч)	20-22 (ч)	10–12 (д.б.)
		Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	5	Кукурудза	25–27 (п)	25–27 (ч)	10–12 (д.б.)
III Зернопросапна спеціалізована	1	Гречка	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	2	Пшениця озима	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
		Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	3	Кукурудза / Соняшник (по 0,5 поля)	25–27 (п)	25–27 (п)	10–12 (д.б.)
	4	Ячмінь ярий	20–22 (п)	20–22 (ч)	10–12 (д.б.)
		Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	5	Соняшник	25–27 (п)	25–27 (п)	10–12 (д.б.)
IV Просапна	1	Горох	20–22 (п)	20–22 (ч)	10–12 (д.б.)
	2	Пшениця озима	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
		Гірчиця біла на сидерат	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
	3	Соняшник	25–27 (п)	25–27 (п)	10–12 (д.б.)
	4	Кукурудза	25–27 (п)	25–27 (ч)	10–12 (д.б.)
	5	Соняшник	25–27 (п)	25–27 (п)	10–12 (д.б.)

*__Примітка:__ п – плуг Lemken Opal, ч – чизель глибокорозпушувач АГЧ-1,8, д.б. – дискова борона АГ-2,1-20.

Таблиця 2 – **Структурний стан і щільність складення ґрунту під соняшником в зернопросапній сівозміні** (середнє за 2022–2024 рр.)

Варіанти обробітку	Шар ґрунту, см	Фаза сходів					Фаза повної стиглості насіння				
		фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) та їх вміст (%)			коефіцієнт структурності	щільність складення, г/см³	фракції повітряно-сухих агрегатів (мм) та їх вміст (%)			коефіцієнт структурності	щільність складення, г/см³
		> 10	10-0,25	< 0,25			> 10	10–0,25	< 0,25		
1 Полицево-безполицевий (контроль)	0–10	7,1	89,8	3,1	8,8	1,04	11,8	81,7	6,5	4,5	1,14
	10–20	8,2	87,4	4,4	6,9	1,16	9,2	84,8	6,0	5,6	1,22
	20–30	6,1	89,4	4,5	8,4	1,17	9,4	84,3	6,3	5,4	1,30
2 Безполицево-полицевий	0–10	7,8	89,5	2,7	8,5	1,07	10,0	83,8	6,2	5,2	1,15
	10–20	6,7	90,4	2,9	9,4	1,20	7,8	86,5	5,7	6,4	1,24
	20–30	6,1	90,6	3,3	9,6	1,23	7,7	86,4	5,9	6,4	1,29
3 Дисковий	0–10	14,8	83,5	1,7	5,1	1,11	11,8	81,8	6,4	4,5	1,16
	10–20	14,3	83,4	2,3	5,0	1,22	12,8	81,4	5,8	4,4	1,25
	20–30	7,8	90,3	1,9	9,3	1,24	12,0	82,0	6,0	4,6	1,32
$НІР_{0,05}$		2,1	3,0	0,7	-	0,06	2,2	2,6	0,5	-	0,09

У середній частині (10–20 см) орного шару частка макроструктурних агрегатів за безполицево-полицевого обробітку становила: у фазу сходів 90,4 % і повної стиглості – 86,5 %, що відповідно вище на 3,0 і 1,7 %, ніж за полицево-безполицевого і 7,0 й 5,1 % дискового обробітків. Брилистої фракції загалом за вегетацію найбільше за дискового обробітку – 13,6 %, що перевищує контроль на 4,9 %. Особливо велика різниця (в 1,74 рази) зафіксована у фазу сходів соняшнику. Загалом за вегетацію цей показник за безполицево-дискового обробітку становив 7,3 %, що нижче контролю на 1,4 %. У фазу сходів частка мікроструктури найнижча за дискування (2,3 %), найвища – за полицево-безполицевого обробітку (4,4 %); у фазу повної стиглості насіння ці відмінності неістотні. Коефіцієнт структурності у всі строки визначення найбільший за безполицево-полицевого обробітку, найнижчий – за дискування. У фазу сходів другий варіант переважав перший за цим показником на 36 %, а третій поступався контролю на 27 %.

У нижній частині (20–30 см) орного шару вміст агрономічно цінних агрегатів у фазу сходів практично однаковий по варіантах обробітку; брилистої ж фракції на 1,7 % більше, а розпиленої – на 2,6 % менше за дискового, ніж полицево-безполицевого обробітку. Коефіцієнт структурності виявився найвищим за безполицево-полицевого обробітку (9,6). У фазу повної стиглості насіння кращий структурний стан також на другому варіанті, де частка макроструктурних агрегатів становила 86,4 %, а коефіцієнт структурності 6,4, що вище контролю відповідно на 2,1 і 1,0 %. Брил на 1,7 % менше за безполицево-полицевого та на 2,6 % більше за дискового обробітків, ніж на контролі.

В орному шарі цей показник родючості істотно вищий за органо-мінеральної та органічної систем удобрення, ніж на контролі (без добрив). У середній частині орного шару водотривких агрегатів на 4,5–6,0 % більше за органо-мінеральної, ніж мінеральної системи удобрення, що пояснюється скріпленням ґрунтових окремостей органічними колоїдами, зокрема гуматами кальцію, магнію, заліза, алюмінію. Органічна система переважала мінеральну на 3,5 %.

Щільність будови орного шару у фазу сходів за другого і третього варіантів обробітку відповідно на 3,6 і 6,3 % вища проти контролю. У фазу повної стиглості насіння вона практично на одному рівні.

Щільність складення верхньої частини орного шару (0–10 см) у фазу сходів олійної рослини за безполицево-полицевого обробітку неістотно (на 0,03 г/см³), а за дискового – істотно (на 0,07 г/см³) переважає контроль. У фазу повної стиглості насіння вона майже однакова. Аналогічна закономірність спостерігалась і в шарах ґрунту 10–20 і 20–30 см, проте за безполицево-полицевого обробітку у фазу сходів цей показник істотно перевищив контроль (на 0,06 г/см³).

Дисковий і безполицево-полицевий обробітки забезпечили зростання водотривких агрегатів в орному шарі на 2–6 %. Найбільша різниця у водотривкості агрономічно цінної фракції у шарі 0–10 см: за безполицево-дискового обробітку – 2,2 %, дискового – 1,7 % проти контролю.

У фазу сходів олійної рослини загальна пористість орного шару за полицево-безполицевого обробітку найбільш висока на варіанті органо-мінеральної системи удобрення (54,8 %), а за безполицево-полицевого – органічної (57,3 %). Найбільш низькою вона була за дискового обробітку з органо-мінеральною системою удобрення (46,7 %) (табл. 3).

У фазу повної стиглості насіння найменша загальна пористість за дискового обробітку за мінеральної (44,1 %) і органо-мінеральної (45,1 %) систем удобрення. Аналогічна закономірність простежується і на решті варіантів обробітку.

Твердість ґрунту за полицево-безполицевого, безполицево-полицевого і дискового обробітків у зернопросапній сівозміні у фазу сходів соняшнику становила відповідно 4,9; 6,5 і 9,9 кг/см^2 в шарі 0–15 см, 7,6; 10,1 і 12,6 – в шарі 15–30 см, 6,2; 8,3 і 11,2 г/см^2 в орному шарі ґрунту (НІР$_{0,05}$ для шару 0–30 см – 3,5 г/см^2). У фазу повної стиглості насіння олійної рослини цей показник за першого, другого і третього варіантів обробітку становив відповідно 7,1; 8,3 і 9,0 кг/см^2 у шарі 0–15 см, 12,9; 15,3 і 16,1 – в шарі 15–30 см, 10,0; 11,8 і 12,5 г/см^2 в орному шарі ґрунту (НІР$_{0,05}$ для шару 0–30 см – 1,6 г/см^2). Отже, у всі строки визначення твердість всіх досліджуваних шарів ґрунту найнижча за полицево-безполицевого, найвища – за дискового обробітку ґрунту і не перевищувала умовний оптимум, який для посівного (0–10 см) і орного шарів ґрунту становить відповідно до 10 і 21 кг/см^2 [33].

За дискового обробітку неістотне зниження урожайності соняшнику зафіксоване лише у зернопросапній спеціалізованій і просапній сівозмінах на неудобрених ділянках. Істотне його підвищення за безполицево-полицевого обробітку у плодозмінній сівозміні за мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення, зернопросапній – органо-мінеральної, просапній – за мінеральної, а на решті варіантах відхилення від контролю неістотні. Найвищий цей показник на дослідних варіантах обробітку чотирьох сівозмін за мінеральної системи удобрення – 2,53 т/га, що на 54,3; 25,9 і 11,0 % вище ніж відповідно за нульової, органічної і органо-мінеральної систем удобрення (табл. 4).

Урожайність олійної рослини становила 2,52 т/га у плодозмінній сівозміні, 2,31 – зернопросапній; 2,16 і 1,98 – зернопросапній спеціалізованій та 1,98 і 1,72 т/га у просапній сівозміні за озимого і ярого попередників відповідно. За розміщення соняшнику після ячменю ярого і пшениці озимої цей показник однаковий у сівозмінах з часткою соняшнику відповідно 30 і 40 %.

За розміщення соняшнику після пшениці озимої урожайність його нижча на 9,1; 16,7 і 27,3 % відповідно за частки в сівозміні 20, 30 і 40 %, ніж 10 %.

Таблиця 3 – **Загальна пористість орного шару ґрунту під соняшником в плодозмінній сівозміні,** % (середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант обробітку (фактор А)	Система удобрення (фактор В)	Фаза сходів	Фаза повної стиглості насіння
1 Полицево-безполицевий	Без добрив	52,7	50,0
	Мінеральна	52,1	47,9
	Органічна	52,4	49,2
	Органо-мінеральна	54,8	48,8
2 Безполицево-полицевий	Без добрив	53,1	49,0
	Мінеральна	52,6	46,3
	Органічна	57,3	48,3
	Органо-мінеральна	53,0	47,1
3 Дисковий	Без добрив	52,5	45,9
	Мінеральна	52,1	44,1
	Органічна	53,2	46,3
	Органо-мінеральна	46,7	45,1
НІР$_{0,05}$ А		$F_ф < F_{0,05}$	0,78
НІР$_{0,05}$ В		0,77	0,98

Таблиця 4 – **Урожайність соняшнику залежно від системи обробітку і удобрення чорнозему типового,** т/га (середнє за 2022–2024 рр.)

Система удобрення, А	Система обробітку, В	Сівозміна					
		Плодозмінна	Зернопросапна	Зернопросапна спеціалізована		Просапна	
				Попередник			
				пшениця озима	ячмінь ярий	пшениця озима	кукурудза
Без добрив (нульова)	Полицево-безполицевий	2,03	1,86	1,74	1,52	1,61	1,32
	Безполицево-полицевий	2,02	1,93	1,80	1,61	1,72	1,43
	Дисковий	1,69	1,48	1,63	1,42	1,49	1,23
Мінеральна	Полицево-безполицевий	3,10	2,86	2,53	2,34	2,31	2,18
	Безполицево-полицевий	3,32	2,92	2,65	2,44	2,55	2,39
	Дисковий	2,73	2,56	2,25	2.19	2,12	2,01
Органічна	Полицево-безполицевий	2,35	2,15	2,21	2,03	2,01	1,88
	Безполицево-полицевий	2,33	2,16	2,11	1,94	1,92	1,81
	Дисковий	2,06	1,95	1,93	1,86	1,79	1,67
Органо-мінеральна	Полицево-безполицевий	2,94	2,64	2,40	2,19	2,11	1,63
	Безполицево-полицевий	3,12	2,87	2,51	2,26	2,16	1,70
	Дисковий	2,58	2,38	2,15	1,99	1,93	1,46
$НІР_{0,05}$ для фактора А		0,12	0,17	0,22	0,12	0,16	0,13
$НІР_{0,05}$ для фактора В		0,10	0,15	0,12	0,11	0,13	0,14

За нульової, мінеральної, органічної і органо-мінеральної систем удобрення цей показник становив відповідно 1,91; 3,05; 2,25 і 2,88 т/га у плодозмінній сівозміні; 1,76; 2,78; 2,09 і 2,63 – зернопросапній; 1,72; 2,48; 2,08 і 2,35 – зернопросапній спеціалізованій після пшениці озимої та 1,52; 2,32; 1,94 і 2,15 – після ячменю ярого; 1,61; 2,33; 1,91 і 2,07 т/га у просапній сівозміні після пшениці озимої та 1,33; 2,19; 1,79 і 1,60 т/га після кукурудзи.

Висновки. 1. Кращий структурний стан орного шару чорнозему типового за безполицево-полицевого обробітку: вміст агрономічно цінної фракції і коефіцієнт структурності становили відповідно 90,1 і 9,1 % у фазу сходів та 85,6 і 5,9 % – повної стиглості насіння соняшнику. Приріст водотривких агрегатів у шарі 0–10 см за такого обробітку – 2,2 %. В орному шарі істотно вищий цей показник за органо-мінеральної та органічної систем удобрення.

2. Щільність складення ґрунту перед збиранням урожаю практично на одному рівні за варіантами обробітку, а на початку вегетації соняшнику за безполицево-дискового і дискового обробітків вона відповідно на 3,6 і 6,3 % перевищила контроль.

3. У фазу сходів соняшнику пористість орного шару за полицево-безполицевого обробітку найбільш висока за органо-мінеральної системи удобрення, а за безполицево-полицевого – органічної. Найбільш низький цей показник будови ґрунту (46,7 %) за дискового обробітку з органо-мінеральною системою удобрення.

4. Твердість ґрунту найнижча за полицево-безполицевого, найвища – за дискового обробітку і знаходилася в оптимальних межах.

5. За дискового обробітку урожайність соняшнику зменшувалась, проте на неудобрених ділянках зернопросапної спеціалізованої і просапної сівозмін неістотно, що вказує на можливість мінімалізації обробітку ґрунту. За безполицево-полицевого обробітку істотне підвищення урожайності у плодозмінній

сівозміні за мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення, у зернопросапній – органо-мінеральної, просапній – за мінеральної, а на решті варіантах відхилення від контролю неістотні. Найвищий цей показник у плодозмінній (частка соняшнику 10 %), найнижчий – у просапній сівозміні (частка соняшнику 40 %). За розміщення соняшнику після пшениці озимої урожайність його нижча на 9,1; 16,7 і 27,3 % відповідно за частки в сівозміні 20, 30 і 40 %, ніж 10 %. Мінеральна система удобрення всіх сівозмін забезпечила найвищу продуктивність олійної рослини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сівозміни заради екології: реком. покажч. літ. / за ред. О.Г. Пустова, Д.В. Ткаченко. Миколаїв: МНАУ, 2020. 36 с.

2. Гадзало Я., Камінський В. Сівозміни в землеробстві України. Аграрний тиждень. Україна. 2015. № 4–5. С. 14–16.

3. Кохан А.В., Лень О.І., Цилюрик О.І. Наслідки насичення сівозмін соняшником. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2016. № 23. С. 131–136. URL: https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2016/23/Kokhan_23.pdf

4. Сівозміни посушливих штатів. The Ukrainian FARMER. 2022. № 10. С. 56–58.

5. Балан В.М., Присяжнюк О.І., Балагура О.В., Карпук Л.М. Рослинництво основних культур: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 384 с.

6. Рослинництво: підручник / В.В. Базалій та ін. Олді+, 2020. С. 353–371.

7. Шевченко М.С., Гавриленко Н.В. Динаміка забур'яненості посівів польових культур залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення в Північному Степу. Вісник аграрної науки. 2025. № 8. С. 17–27. DOI: 10.31073/agrovisnyk202508-0

8. Андрієнко А.Л., Семеняка І.М., Андрієнко О.О. Вплив попередників і обробітку грунту на вихід олії та протеїну з посівів сої. Вісник аграрної науки. 2025. № 9. С. 41–51. DOI: 10.31073/agrovisnyk202509-05

9. Оструктурений стан чорнозему типового за різних систем основного обробітку в спеціалізованій п'ятипільній сівозміні Правобережного Лісостепу України / І.Д. Примак та ін. Збалансоване природокористування. 2025. № 1. С. 94–107. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2025.324362

10. Центило Л.В. Продуктивність сівозміни залежно від удобрення і обробітку ґрунту. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2019. Вип. 3 (103). С. 52–60. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103)-7

11. Пташнік М.М., Ременюк Ю.О., Заяць П.С., Цимбал Я.С. Продуктивність культур за вирощування в одновидових і сумісних посівах в органічних агроценозах Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2025. № 10. С. 37–46. DOI: 10.31073/agrovisnyk202510-05

12. Формування продуктивності сільськогосподарських культур у сівозміні залежно від елементів технології / А.М. Влащук та ін. Вісник аграрної науки. 2025. № 2. С. 5–12. DOI: 10.31073/agrovisnyk202502-01

13. Лебідь Є.М. Родючість ґрунту та врожайність польових культур за різних систем обробітку та удобрення в сівозміні / Є.М. Лебідь та ін. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. Дніпропетровськ, 2013. № 2 (32). С. 26–31.

14. Цилюрик О.І., Судак В.М. Мульчувальний обробіток ґрунту під соняшник. Агроном. 2013. № 4 (42). С. 84–88.

15. Бойчук О.В. Формування агрофізичних властивостей чорнозему типового залежно від способів обробітку ґрунту під пшеницю озиму. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Київ, 2012. Вип. 14. С. 31–34.

16. Ткаліч І.Д., Ткаліч Ю.І., Кулік А.О. Основний обробіток ґрунту під польові культури. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2011. № 1. С 15–20. URL: file:///C:/Users/lmkas/Downloads/5b3defe61e331.pdf

17. Курдюкова О.М. Контроль чисельності й видового складу бур'янів у сівозмінах за різних систем обробітку ґрунту. Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки. 2011. № 25. С. 108–112.

18. Каталог завершених наукових розробок Кіровоградського інституту АПВ, які пропонуються до впровадження агропідприємствам регіону: рекомендації / В.В. Савранчук та ін. Кіровоград: КІАПВ НААН, 2011. 36 с.

19. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. 210 с. URL: https://repo.btu.kharkiv.ua/handle/123456789/72661

20. Вожегова Р., Влащук А., Дробіт О. Особливості агротехніки соняшнику в Південному Степу України: як удосконалити основний обробіток ґрунту і ширину міжрядь, щоб покращити урожайність. Farmer. 2021. № 1 (133). С. 24–25.

21. Вічна класика. Аграрії віддають перевагу плугам JUWEL за якість роботи та легкість. Агроном. 2023. № 3 (81). С. 94–97. URL: https://agrotimes.ua/article/agrariyi-viddayut-perevagu-plugam-lemken-juwel-za-yakist-roboty-ta-legkist/

22. Системи зберігаючого землеробства: No-till і Strip-till / М.П. Косолап та ін. Київ: НУБіП України, 2023. 377 с.

23. Ґрунтозахисне та ресурсоощадне землеробство в Україні / Х.А. Муминджанов та ін. Київ: НУБіП України, 2023. 120 с.

24. Гончаренко Ю. Вперто ідемо вперед. No-till цього року, ймовірно, рятує хліборобів від пекельної посухи. Зерно. 2024. № 9 (218). С. 22–26.

25. Карпенко О. Смугастий рейс, або дещо про сучасні інструменти технології Strip-till. Зерно. 2024. № 8. С. 96–99.

26. Наружна Ю. Готові практичні рішення для сої за No-till. Пропозиція. 2024. № 7. С. 22–23. URL: https://propozitsiya.com/articles/dosvid-hospodarstv/hotovi-praktychni-rishennya-dlya-soyi-za-no-till

27. Наружна Ю. Технологія No-till для посушливого Півдня. Пропозиція. 2024. № 6. С. 22–25. URL: https://propozitsiya.com/articles/intervyu/tekhnolohiya-no-till-dlya-posushlyvoho-pivdnya

28. Осінній І. Удосконалюється все. Навіть No-till. Зерно. 2024. № 5 (214). С. 38–41.

29. Осінній І. Дроб'язко йде в нуль. Зерно. 2024. № 8 (217). С. 68–70.

30. Рудченко В. Беззаперечно, технологія No-till працює на показує відчутні результати. Пропозиція. 2024. № 7. С. 8–13. URL: https://propozitsiya.com/articles/dosvid-hospodarstv/vitaliy-rudchenko-bezzaperechno-tekhnolohiya-no-till-pratsyuye-

31. Самойленко І. Живі поля Михайла Войтовика. Зерно. 2024. № 9 (218). С. 29–34.

32. Єщенко В.О., Копитко Т.Г., Костогриз П.В., Опришко П.В. Основи досліджень в агрономії: підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 329 с.

33. Центило Л.В., Цюк О.А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 147–153. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.16

REFERENCES

1. Yastremska, A.A., Pustova, O.H., Tkachenko, D.V. (2020). Sivozminy zarady ekolohii [Crop Rotations for the Sake of Ecology]. Mykolaiv, MNAU, 36 p.

2. Hadzalo, Ya., Kaminskyi, V. (2015). Sivozminy v zemlerobstvi Ukrainy [Crop Rotations in Ukrainian Agriculture]. Ahrarnyi tyzhden. Ukraina [Agrarian Week. Ukraine]. no. 4–5, pp. 14–16.

3. Kokhan, A.V., Len, O.I., Tsyliuryk, O.I. (2016). Naslidky nasyshchennia sivozmin soniashnykom [Consequences of Crop Rotation Saturation with Sunflower]. Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN [Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oil Crops NAAS]. no. 23, pp. 131–136. Available at: https://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2016/23/Kokhan_23.pdf

4. Sivozminy posushlyvykh shtativ [Crop rotations of arid states]. The Ukrainian FARMER. 2022, no. 10, pp. 56–58.

5. Kalenska, S.M., Shevchuk, O.Ia., Dmytryshak, M.Ia., Koziar, O.M., Demydas, H.I. (2005). Roslynnytstvo [Crop Production]. Kyiv, NAU of Ukraine, pp. 280–281.

6. Bazalii, V.V., Zinchenko, O.I., Lavrynenko, Yu.O., Salatenko, V.N., Kokovikhin, S.V., Domaratskyi, Ye.O. (2020). Roslynnytstvo [Crop Production]. Oldi+, pp. 353–371.

7. Shevchenko, M.S., Havrylenko, N.V. (2025). Dynamika zabur'ianenosti posiviv pol'ovykh kultur zalezhno vid system obrobitku hruntu ta udobrennia v Pivnichnomu Stepu [Dynamics of Weed Infestation of Field Crops Depending on Tillage and Fertilization Systems in the Northern Steppe]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]. no. 8, pp. 17–27. DOI: 10.31073/agrovisnyk202508-0

8. Andriienko, A.L., Semeniaka, I.M., Andriienko, O.O. (2025). The influence of predecessors and tillage on oil and protein yield from soybean crops. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 9, pp. 41–51. DOI: 10.31073/agrovisnyk202509-05

9. Prymak, I.D., Prysiazhniuk, N.M., Fedoruk, Yu.V. (2025). Ostrukturenyj stan chornozemu typovogo za riznyh system osnovnogo obrobitku v specializovanij p'jatypil'nij sivozmini Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrai'ny [Structural condition of typical chernozem under different primary tillage systems in a specialized five-field crop rotation of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Sustainable use of nature]. no. 1, pp. 94–107. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2025.324362

10. Tsentilo, L.V. (2019). Produktyvnist sivozminy zalezhno vid udobrennia i obrobitku hruntu [Crop Rotation Productivity Depending on Fertilization and Tillage]. Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region]. Issue 3 (103), pp. 52–60. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103)-7

11. Ptashnik, M.M., Remeniuk, Yu.O., Zaiats, P.S., Tsymbal, Ya.S. (2025). Produktyvnist kultur za vyroshchuvannia v odnovydovykh i sumisnykh posivakh v orhanichnykh ahrotsenozakh Lisostepu [Crop productivity when grown in single-species and mixed crops in organic agrocenoses of the Forest-Steppe]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 10, pp. 37–46. DOI: 10.31073/agrovisnyk202510-05

12. Vlashchuk, A.M., Drobit, O.S., Valentiuk, N.O. (2025). Formuvannia produktyvnosti silskohospodarskykh kultur u sivozmini zalezhno vid elementiv tekhnolohii [Formation of crop productivity in crop rotation depending on the elements of technology]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 2, pp. 5–12. DOI: 10.31073/agrovisnyk202502-01

13. Lebid, Ye.M., Tsyliuryk, O.I., Horobets, A.H. (2013). Rodiuchist hruntu ta vrozhainist pol'ovykh kultur za riznykh system obrobitku ta udobrennia v sivozmini [Soil Fertility and Crop Yield under Different Tillage and Fertilization Systems in Crop Rotation]. Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University]. no. 2 (32), pp. 26–31.

14. Tsyliuryk, O.I., Sudak, V.M. (2013). Mulchuval'nyi obrobitok hruntu pid soniashnyk [Mulching Tillage for Sunflower]. Ahronom [Agronomist]. no. 4 (42), pp. 84–88.

15. Boichuk, O.V. (2012). Formuvannia ahrofizychnykh vlastyvostei chornozemu typovoho zalezhno vid sposobiv obrobitku gruntu pid pshenytsiu ozymu [Formation of agrophysical properties of typical black soil depending on the methods of soil

cultivation for winter wheat]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. Kyiv, Issue 14, pp. 31–34.

16. Tkalich, I.D., Tkalich, Yu.I., Kulik, A.O. (2011). Osnovnyi obrobitok gruntu pid polovi kultury [Basic soil cultivation for field crops]. Biuleten Instytutu zernovoho hospodarstva [Bulletin of the Institute of Grain Economy]. no. 1, pp. 15–20. Available at: file:///C:/Users/lmkas/Downloads/5b3defe61e331.pdf

17. Kurdiukova, O.M. (2011). Kontrol chyselnosti y vydovoho skladu burianiv u sivozminakh za riznykh system obrobitku gruntu [Control of the number and species composition of weeds in crop rotations under different tillage systems]. Naukovyi visnyk Luhanskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Silskohospodarski nauky [Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University. Agricultural Sciences]. no. 25, pp. 108–112.

18. Savranchuk, V.V., Semeniaka, I.M., Andriienko, A.L. (2011). Kataloh zavershenykh naukovykh rozrobok Kirovohradskoho instytutu APV, yaki proponuiutsia do vprovadzhennia ahropidpryiemstvam rehionu: rekomendatsii [Catalog of completed scientific developments of the Kirovograd Institute of Agricultural Research, which are offered for implementation by agricultural enterprises of the region: recommendations]. Kirovohrad, KIAPV NAAN, 36 p.

19. Shevchenko, M.V. (2019). Naukovi osnovy system obrobitku hruntu v umovakh nesteikoho ta nedostatnoho zvolozhennia [Scientific Foundations of Tillage Systems under Unstable and Insufficient Moisture]. Kharkiv, KhNAU, Maidan, 210 p. Available at: https://repo.btu.kharkiv.ua/handle/123456789/72661

20. Vozhehova, R., Vlashchuk, A., Drobit, O. (2021). Osoblyvosti ahrotekhniky soniashnyku v Pivdennomu Stepu Ukrainy [Features of Sunflower Agrotechnics in the Southern Steppe]. Farmer. no. 1 (133), pp. 24–25.

21. Vichna klasyka. Ahrarii viddaiut perevahu pluham JUWEL za yakist roboty ta lehkist [Everlasting Classics: Farmers Prefer JUWEL Plows for Quality and Ease of Use]. Ahronom [Agronomist]. 2023, no. 3 (81), pp. 94–97. Available at: https://agrotimes.ua/article/agrariyi-viddayut-perevagu-plugam-lemken-juwel-za-yakist-roboty-ta-legkist/

22. Kosolap, M.P., Krotinov, O.P., Ivaniuk, M.F. (2023). Systemy zberihaiuchoho zemlerobstva: No-till i Strip-till [Conservation Farming Systems: No-till and Strip-till]. Kyiv, NUBiP Ukrainy, 377 p.

23. Muminjanov, Kh.A., Kosolap, M.P., Bykov, M.I. (2023). Gruntozakhysne ta resursooshchadne zemlerobstvo v Ukraini [Soil-Protective and Resource-Saving Agriculture in Ukraine]. Kyiv, NUBiP Ukrainy, 120 p.

24. Honcharenko, Yu. (2024). No-till tsiho roku riatuie khliborobiv vid posukhy [No-till Saves Farmers from Drought This Year]. Zerno [Grain]. no. 9 (218), pp. 22–26.

25. Karpenko, O. (2024). Smuhasty reis: suchasni instrumenty Strip-till [Striped Route: Modern Strip-till Tools]. Zerno [Grain]. no. 8, pp. 96–99.

26. Naruhna, Yu. (2024). Hotovi praktychni rishennia dlia soi za No-till [Ready Practical Solutions for Soybean under No-till]. Propozytsiia [Proposal]. no. 7, pp. 22–23. Available at: https://propozitsiya.com/articles/dosvid-hospodarstv/hotovi-praktychni-rishennya-dlya-soyi-za-no-till

27. Naruhna, Yu. (2024). Tekhnolohiia No-till dlia posushlyvoho Pivdnia [No-till Technology for the Arid South]. Propozytsiia [Proposal]. no. 6, pp. 22–25. Available at: https://propozitsiya.com/articles/intervyu/tekhnolohiya-no-till-dlya-posushlyvoho-pivdnya

28. Osinnii, I. (2024). Udoskonaliuietsia vse. Navit No-till [Everything Improves – Even No-till]. Zerno [Grain]. no. 5 (214), pp. 38–41.

29. Osinnii, I. (2024). Drobiazko ide v nul [Drobiazko Goes to Zero]. Zerno [Grain]. no. 8 (217), pp. 68–70.

30. Rudchenko, V. (2024). Tekhnolohiia No-till pratsiuie ta daie vidchutni rezultaty [No-till Technology Works and Shows Noticeable Results]. Propozytsiia [Proposal]. no. 7, pp. 8–13. Available at: https://propozitsiya.com/articles/dosvid-hospodarstv/vitaliy-rudchenko-bezzaperechno-tekhnolohiya-no-till-pratsyuye-

31. Samoylenko, I. (2024). Zhyvi polia Mykhaila Voitovyka [The Living Fields of Mykhailo Voitovyk]. Zerno [Grain]. no. 9 (218), pp. 29–34.

32. Yeshchenko, V.O., Kopytko, T.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, P.V. (2014). Osnovy doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of Research in Agronomy]. Vinnytsia, Edelveis i K, 329 p.

33. Tsentilo, L.V., Tsiuk, O.A. (2019). Dynamika zmin tverdosti hruntu zalezhno vid yoho osnovnoho obrobitku [Dynamics of Soil Hardness Changes Depending on Primary Tillage]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]. no. 1, pp. 147–153. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.16

Changes in agrophysical fertility indicators of typical chornozem and sunflower yield depending on primary tillage and fertilization systems in short crop rotations

Voytovik M., Primak I., Kachan L., Pavlichenko A., Panchenko O.

In a three-year study (2022–2024) conducted at Bila Tserkva National Agrarian University, the highest content of air-dry, agronomically valuable aggregates under sunflower was formed in the arable layer of typical chornozem under a moldboard–non-moldboard tillage system within five-field crop rotations.

The structural condition of the arable layer was significantly improved under organo-mineral and organic fertilization systems. Disk and non-moldboard–moldboard tillage increased the content of water-stable aggregates by 2–6 %.

At the seedling stage, the bulk density of the upper soil layer (0–10 cm) under non-moldboard–moldboard tillage slightly exceeded the control (by 0.03 g/cm³), while under disk tillage the increase was more pronounced (by 0.07 g/cm³). By the stage of full seed maturity, bulk density values were nearly identical across all treatments.

At the beginning of the growing season, the bulk density of the arable layer was highest under disk tillage and lowest under moldboard–non-moldboard tillage; however, before harvesting, these differences leveled off.

At the seedling stage, total porosity of the arable layer under moldboard–non-moldboard tillage was highest with the organo-mineral fertilization system (54.8 %), whereas under non-moldboard–moldboard tillage it reached the highest value with the organic fertilization system (57.3 %).

Soil hardness was lowest under moldboard–non-moldboard tillage and highest under disk tillage, although it did not exceed optimal levels.

Under disk tillage, sunflower yield decreased; however, in unfertilized treatments, the reduction was insignificant, indicating the potential for minimizing tillage intensity. Under non-moldboard–moldboard tillage, a significant increase in yield was observed in the crop rotation system with mineral and organo-mineral fertilization, in the grain-row crop rotation with organo-mineral fertilization, and in the row crop rotation with mineral fertilization. In other treatments, deviations from the control were insignificant.

Key words: typical chornozem, crop rotation, tillage, fertilization, soil structure, soil composition, soil hardness, yield.

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

ORCID iD:

Войтовик М.В.	https://orcid.org/0000-0002-8604-2193
Примак І.Д.	https://orcid.org/0000-0002-0094-3469
Качан Л.М.	https://orcid.org/0000-0001-5374-3252
Павліченко А.А.	https://orcid.org/0000-0001-5576-9931
Панченко О.Б.	https://orcid.org/0000-0001-8130-0811

АГРОНОМІЯ

УДК 57.085.2:57.082.13:634.71

Оцінювання міжсортового поліморфізму малини за використання SSR-PCR-аналізу

Димань Н.О., Карпук Л.М.

Білоцерківський національний аграрний університет

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

Димань Н.О., Карпук Л.М. Оцінювання міжсортового поліморфізму малини за використання SSR-PCR-аналізу. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 30–37.

Dyman N., Karpuk L. Assessment of intervarietal polymorphism of raspberry using SSR-PCR analysis. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 30–37.

Рукопис отримано: 06.03.2026 р.
Прийнято: 21.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-30-37

ISSN 2310-9270

Малина – провідна ягідна культура в Україні. Необхідність удосконалення її сортименту за низкою напрямів потребує застосування ДНК-маркерів як сучасного підходу в роботі з генетичними ресурсами. Вперше для вивчення генетичної структури 12 сортів малини, які культивуються в Україні, застосовано мікросателітні ДНК-маркери (SSR-PCR) й оцінено їх ефективність у з'ясуванні спорідненості сортів малини. Визначення генотипів проведено за 10 мікросателітними локусами (RiM017, RiM019, RhM003, RhM011, RhM043, Rub1a, Rub4a, Rub223a, Rub228a і Rub262b). Для аналізу поліморфізму мікросателітних локусів використано електрофоретичне розділення ПЛР-продуктів у 8 % денатурувальному поліакриламідному гелі (ПААГ) з подальшим фарбуванням нітратом срібла.

Виявлено високий рівень поліморфізму SSR-маркерів у малини. Середня кількість алелів на один мікросателітний локус становила 4,61. Значення показника ефективної кількості алелів знаходилися в діапазоні від 1,291 (RiM017) до 5,053 (Rub228a). Значення індексу Шеннона варіювали від 0,456 (Rub228a) до 1,77 (RhM043). Найвищий рівень фактичної гетерозиготності зафіксовано за локусом RiM019 (83,3 %), найнижчий – за локусом RhM011 (8,3 %). За частотами ідентифікованих алелів обчислено PIC, значення якого за дослідженими маркерами становило від 0,212 до 0,777. Розмах генетичних відстаней між дослідженими сортами коливався від 0,0093 до 2,0127, а індексів генетичної ідентичності – від 0,0056 до 0,9398.

Отримані результати свідчать про перспективність використання протестованих маркерів для оцінювання генетичного різноманіття вітчизняного генофонду малини, а також для розроблення методів ідентифікації й паспортизації її сортів.

Ключові слова: малина, *Rubus idaeus* L., поліморфізм, SSR-маркери, мікросателіти, ідентифікація сортів.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Малина (*Rubus idaeus* L. та *Rubus occidentalis* L.) – одна з найбільш економічно важливих ягідних культур у світі, однак її селекція стикається з низкою викликів, як-от обмежене генетичне різноманіття елітних сортів, поліплоїдія та складність класифікації через міжвидову гібридизацію та ін. У цьому контексті ДНК-маркери стали незамінним інструментом для генетичного аналізу та вдосконалення культури [6, 8, 20].

Для аналізу генетичного різноманіття сортів та популяцій малини використовували різноманітні молекулярні маркери. Попри велику кількість публікацій про малину на основі морфологічного, RFLP, RAPD, AFLP, ISSR-аналізів, деякі аспекти генетичної, а також екологічної диференціації між популяціями

цього виду залишаються нез'ясованими. Нині спостерігається тенденція до застосування високовідтворюваних кодомінантних SSR- та SNP-маркерів [6, 9, 14].

Мікросателітні маркери (SSR – *Simple Sequence Repeats*) використовують як у фундаментальних дослідженнях для оцінювання генетичного поліморфізму, побудови генетичних карт для груп зчеплення, вивчення філогенетичних відносин, так і з прикладною метою – для перевірки родоводів, під час розроблення систем ідентифікації і паспортизації, пошуку маркерів, асоційованих з господарсько корисними ознаками, під час маркер-опосередкованого відбору бажаних генотипів на ранніх стадіях розвитку рослин. SSR-алелі успадковуються відповідно до законів Менделя і уможливлюють безпосереднє визначення гомозиготних та гетерозиготних генотипів, що вкрай важливо для аналізу гібридів, родин та селекційного матеріалу малини [8, 17, 18].

Перші дослідження SSR-поліморфізму в представників роду *Rubus* було проведено наприкінці 90-х років минулого століття. Мікросателітні ділянки виявляли методом блот-гібридизації за Саузерном, використовуючи як зонд дві синтетичні ДНК-проби з тандемно повторюваними послідовностями GACA та GATA [3].

Першу генетичну карту для червоної малини *R. idaeus* L. було розроблено у 2004 р. [10].

Численні групи дослідників створювали набори SSR-маркерів для різних видів малини: *Rubus occidentalis* [5], *R. hochstetterorum* [13], *R. coreanus* [4], *R. glaucus* [14]. Створені набори мікросателітних маркерів широко застосовували для вивчення генетичного різноманіття та генотипування селекційних сортів малини [4], малини звичайної [12] і малини західної [5].

Дослідження в різних країнах демонструють надзвичайну ефективність SSR у виявленні поліморфізму. Зокрема, у Польщі аналіз 22 сортів малини різного географічного походження за допомогою 10 пар SSR-праймерів показав середній рівень поліморфізму 97,8 %. На основі філогенетичних кластеризацій, побудованих за SSR-даними, дослідники змогли групувати сорти за географічним походженням, генеалогією схрещувань та особливостями господарсько-корисних ознак [18].

У Балтійському регіоні SSR-маркери підтвердили тісний зв'язок між родоводами сортів, однак виявили низький загальний рівень генетичного різноманіття місцевого селекційного матеріалу [12].

У Південній Америці за використання 36 SSR-праймерів на 39 зразках представників *Rubus* було доведено високий рівень поліморфізму SSR-локусів, який уможливлює надійне розрізнення навіть близькоспоріднених сортів [15].

SSR-маркери дають змогу уточнювати походження сортів з невідомим родоводом та вивчати еволюційні зв'язки. Вони чітко розмежовують види, наприклад, відокремлюючи червону малину від чорної. Крім того, ці маркери використовують для картування QTL (локусів кількісних ознак), що контролюють такі важливі характеристики як час дозрівання, колір плодів, стійкість до шкідників (наприклад, попелиць) та хвороб (кореневої гнилі) [18].

Одним із ключових напрямів застосування SSR-маркерів є створення молекулярно-генетичних паспортів. Це вкрай важливо для захисту прав інтелектуальної власності селекціонерів та верифікації справжності сортів; усунення дублювання в колекціях генетичних ресурсів, що уможливлює оптимізацію витрат на їх утримання; ідентифікації сортів на будь-якій стадії розвитку рослини, що неможливо зробити за морфологічними ознаками до початку плодоношення [7, 18].

SSR-маркери мають великі перспективи у селекції малини. Сучасні дослідження показують, що мікросателітні повтори, локалізовані в генах біосинтезу флавоноїдів і шляхів захисту рослин, можуть бути використані як функціональні маркери для маркер-асоційованого відбору за ознаками якості плодів та стійкості до біотичних стресів. Поєднання SSR-PCR з іншими методами (RAPD, ISSR, фенотиповими ознаками) формує комплексний підхід до оцінювання міжсортового поліморфізму та оптимізації селекційних програм у малини [8].

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

Матеріал та методика дослідження. Об'єктом досліджень слугували 12 сортів малини: 6 сортів, які зареєстровано в державному реєстрі рослин, придатних для поширення в Україні (Благородна, Брусвяна, Космічна, Новокитаївська, Осіння, Промінь) [19], 5 сортів, які було виключено з державного реєстру (С1–С5) [1], і 1 сорт американської селекції – Херітейдж. Кожного сорту було придбано по 5 кущів і висаджено в умовах ТОВ «Еліта» смт Терезине (Київська обл.).

Екстракцію ДНК здійснювали зі свіжого рослинного матеріалу, використовували молоді листки малини. ДНК виділяли за використання CTAB-буферу [16].

Ґрунтуючись на результатах аналізу нуклеотидних послідовностей мікросателітних локусів малини, депонованих у базі національного центру біотехнологічної інформації NCBI (*National Center for Biotechnology Information, USA*), для проведення генетичної ідентифікації сортів нами було відібрано 10 SSR-локусів малини (RiM017, RiM019, RhM003, RhM011, RhM043, Rub1a, Rub4a, Rub223a, Rub228a і Rub262b) (табл. 1).

ПЛР проводили на ампліфікаторі «GeneAmp 2400» (Applied Biosystems, США) у такому температурному режимі: 4 хв за температури 94 °C, 20 с за 52–58 °C (залежно від локусу), 20 с за 72 °C; 5 хв за 72 °C. Реакційна суміш об'ємом 10 мкл містила: 67 мМ Tris-HCl (pH 8,8), 17 мМ $(NH_4)_2SO_4$, 0,01 % Tween-20, 0,2 мМ dNTP, 1 од. *Tag*-полімерази, 30–70 нг геномної ДНК, 2,0 мМ $MgCl_2$ та 0,3 мкМ праймерів.

Для аналізу поліморфізму мікросателітних локусів використовували електрофоретичне розділення продуктів ампліфікації у 8 % поліакриламідному гелі (ПААГ) в денатурувальних умовах (7 М сечовина) за використання 0,5×TBE-буферу. Після завершення електрофорезу гелі фарбували нітратом срібла й фотографували. Молекулярний розмір алелів визначали за допомогою маркера молекулярних мас GeneRuler 50 bp та 20 bp (Fermentas, Литва) й за використання програмного пакету Quantity One® Version 4.6.3 (BioRad, США).

Генетичні параметри – середню (Na) та ефективну кількість алелів на локус (Ne), фактичну та очікувану гетерозиготність (Ho та He), індекс фіксації Райта (F) та індекс гетерогенності Шеннона (I) – обчислювали за використання комп'ютерної програми PopGen версії 1.31 [9].

Різноманітність алелів SSR-локусів визначали за допомогою індексу поліморфності локусу PIC (*Polymorphic Index Content*) за формулою:

$$PIC_i = 1 - \sum_{j=1}^{n} p_{ij}^2 ,$$

де *Pij* – частота j алеля для маркера i,
n – загальна кількість алелів.

На підставі розрахунку індексів генетичної ідентичності між дослідженими сортами малини проводили кластерний аналіз і будували дендрограму генетичних взаємовідносин за поліморфізмом 10 SSR-праймерів.

Таблиця 1 – **Характеристика використаних у роботі мікросателітних локусів малини**

Локус	Повтор	Номер у Генбанку	Послідовність праймерів 5→3	Температура гібридизації
RiM017	$(TG)_6$	FJ194453	F…GAAACAGGTGGAAAGAAACCTG R…CATTGTGCTTATGATGGTTTCG	58
RiM019	$(AG)_{12}$	FJ194454	F…ATTCAAGAGCTTAACTGTGGGC R…CAATATGCCATCCACAGAGAAA	58
RhM003	$(TG)_{10}$	FJ194445	F…CCATCTCCAATTCAGTTCTTCC R…AGCAGAATCGGTTCTTACAAGC	58
RhM011	$(TC)_{18}$	FJ194446	F…AAAGACAAGGCGTCCACAAC R…GGTTATGCTTTGATTAGGCTGG	58
RhM043	$(AC)_6$	FJ194451	F…GGACACGGTTCTAACTATGGCT R…ATTGTCGCTCCAACGAAGATT	58
Rub1a	$(TG)_{16}$	AJ428838	F…CCTCTTCACCGATTTAGACCA R…TTTAGCCCCAGTCCAAAAGTT	56
Rub4a	$(CT)_{14}(CA)_{16}$	FJ409626	F…AGCGAATTGCATCTCTCTCTC R…GCACTGAAAAATCATGCATCTG	52
Rub223a	$(AT)_4$-$(TA)_8$- $(AT)_{10}$	AJ428844	F…TCTCTTGCATGTTGAGATTCTATT R…TTAAGGCGTCGTGGATAAGG	56
Rub228a	$(GA)_{41}$	FJ409628	F…TGGACAGCTTTGTGCAGAGT R…GCTTGCTTGTATCTCCATTGC	54
Rub262b	$(AG)_{15}$	AJ428845	F…TGCATGAAGGCGATATAAAGG R…TCCGCAAGGGTTGTATCCTA	56

Результати дослідження та обговорення. За всіма дослідженими молекулярно-генетичними маркерами було виявлено поліморфізм, рівень якого значно варіював залежно від використаного SSR-повтору. Сумарно за використання 10 локусів у досліджених сортів виявлено 45 алелів, молекулярний розмір яких становив від 328 до 114 п. н. (табл. 2). Найбільшу кількість алелів (8) для цього типу маркерів було отримано у разі ампліфікації локусу RiM019 (рис. 1), найменшу (2) – за локусом RhM011 (рис. 2). Кількість алелів за іншими мікросателітними локусами малини була наступною: сім алелів було виявлено за електрофоретичного аналізу локусу Rub228a; по п'ять алелів – за локусами Rub223a і Rub262b; чотирма алелями характеризувалися локуси RhM003, Rub1a та Rub4a; 3 алелі зафіксовано за ампліфікації локусу RhM043. Середня кількість алелів на один мікросателітний локус становила 4,6±0,581.

Лише два алеля (198 п. н. за локусом RiM017 і 352 п. н. за локусом RhM043) були мономорфними, а кількість поліморфних алелів була різною у дослідженій вибірці сортів: С4 – 15 алелів; Херітейдж – 14; С2, Брусвяна – 13; Благородна, Космічна і Осіння – 12; Новокитаївська, С1 і С5 – 11, С3 – 10.

За окремими локусами було виявлено унікальні алелі, представлені в генотипах лише одного сорту, які дають змогу індивідуально дискримінувати досліджені сорти малини: за локусом RiM017 (Брусвяна – 180 п. н.); за локусом RiM019 (Осіння – 152 п. н., Херітейдж – 168 п. н., Брусвяна – 196 і 220 п.н., Космічна – 222 п. н.); за локусом RhM043 (Херітейдж – 334 п. н.); за локусом Rub1a (Херітейдж – 294 п. н.); за локусом Rub223a (Херітейдж – 248 і 264 п. н.); за локусом Rub228a (С1 – 176 п. н.); за локусом Rub262b (С2 – 220 п. н.).

Спектр значень показника ефективної кількості алелів у досліджених сортів малини різнився залежно від аналізованого мікросателітного локусу. Значення показника знаходилися в діапазоні від 1,291 (RiM017) до 5,053 (Rub228a).

Значення індекса Шеннона I, який характеризує видову неординарність популяції, в наших дослідженнях варіювали від 0,456 до 1,77 та загалом були співставними з показниками Ne. Найменше значення зафіксовано за локусом RhM043, найбільше – за локусом Rub228a.

Одним із найважливіших показників внутрішньопопуляційного різноманіття є рівень гетерозиготності. Найвищий рівень фактичної гетерозиготності зафіксовано за локусом RiM019 (83,3 %), найнижчий – за локусом RhM011 (8,3 %).

Значення фактичної гетерозиготності за мікросателітними локусами Rub4a та Rub228a були близькими до значень очікуваної гетерозиготності. Локуси RhM011, Rub1a, Rub223a та Rub262b характеризувалися надлишком гомозигот. Розрахунок індексу фіксації Райта (F), що відображає інбридинг особини відносно популяції, показав наявність надлишку гетерозиготних генотипів у досліджених сортів за локусами RiM017 (F = -0,108), RiM019 (F = -0,106) та RhM003 (F = -0,135).

Таблиця 2 – **Значення основних показників генетичного різноманіття досліджених сортів малини**

Локус	Діапазон розмірів, п.н.	Na	Ne	Ho	He	F	I
RiM017	204–180	3	1,291	0,250	0,226	-0,108	0,456
RiM019	222–152	8	4,056	0,833	0,753	-0,106	1,671
RhM003	218–194	4	2,057	0,583	0,514	-0,135	0,983
RhM011	298–294	2	1,882	0,083	0,469	0,822	0,662
RhM043	354–334	3	1,291	0,250	0,226	-0,108	0,456
Rub1a	294–226	4	2,072	0,250	0,517	0,517	0,997
Rub4a	160–114	4	2,743	0,583	0,635	0,082	1,140
Rub223a	328–248	5	1,565	0,250	0,361	0,308	0,789
Rub228a	194–136	7	5,053	0,750	0,802	0,065	1,770
Rub262b	230–212	5	3,740	0,500	0,733	0,318	1,423
Mean (SE)	–	4,600 (0,581)	2,598 (0,410)	0,433 (0,079)	0,526 (0,067)	0,169 (0,101)	1,048 (0,150)

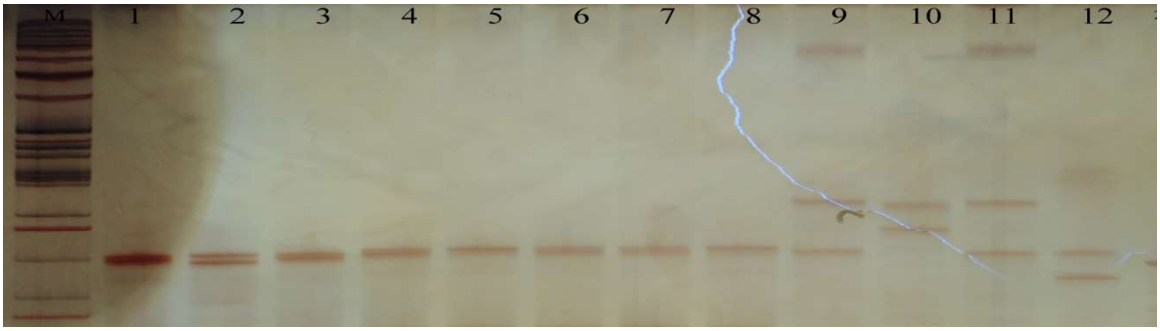


Рис. 1. **Електрофоретичне розділення алелів мікросателітного локусу малини RiM019: М – маркер молекулярних мас; 1–12 – досліджені сорти малини**.

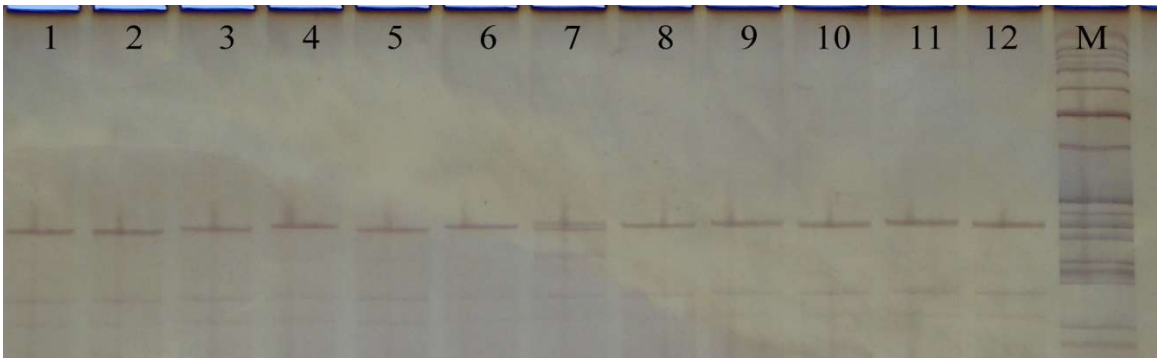


Рис. 2. **Електрофоретичне розділення алелів мікросателітного локусу малини RhM011: 1–12 – досліджені сорти малини; М – маркер молекулярних мас.**

Важливим генетичним показником, який характеризує різноманітність алелів і дає змогу оцінити ефективність застосування генетичних маркерів, особливо у випадку аналізу кодомінантних маркерів, є індекс поліморфності локусу PIC. За значеннями цього індексу маркери відносять до високо- (PIC>0,5), помірно- (0,25<PIC<0,5) та низькоінформативних (PIC<0,25). Використані у нашому дослідженні для аналізу генетичного поліморфізму сортів малини мікросателітні локуси характеризувалися різними значеннями PIC. Для більшості локусів були властиві значення PIC, що перевищували поріг 0,25. Зокрема, до високоінформативних мікросателітних повторів належали Rub228a, RiM019, Rub262b і Rub4a зі значеннями 0,777; 0,719; 0,687 і 0,567 відповідно; до помірноінформативних належали локуси Rub1a, RhM003, RhM011 і Rub223a зі значеннями 0,483; 0,476; 0,358 і 0,346 відповідно. Лише для двох локусів – RiM017 і RhM043 – значення PIC було нижчим за 0,25.

Аналіз генетичних взаємовідносин між дослідженими сортами малини за поліморфізмом 10 мікросателітних локусів проводили за індексами генетичної ідентичності та генетичних відстаней за Неєм (табл. 3). Розмах генетичних дистанцій між дослідженими сортами становив від 0,0093 до 2,0127, а індексів генетичної ідентичності – від 0,0056 до 0,9398.

На підставі обчислення незважених індексів генетичної спорідненості між дослідженими сортами малини проведено кластерний аналіз і побудовано дендрограму генетичних взаємовідносин за використання незваженого парно-групового методу (UPGMA, *Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic averaging*) (рис. 3), що дає змогу наочно проілюструвати ступінь міжсортової диференціації малини за дослідженими SSR-локусами. Із дендрограми видно, що сорт американської селекції Херітейдж розташований окремо від сортів української селекції. Всі інші проаналізовані сорти чітко розділяються на два окремих кластери.

Перший кластер включає більшість досліджених сортів та має складну будову. При цьому розташування окремих сортів у більшості випадків відповідає інформації про їх селекційне походження. Зокрема, найближчими між собою виявилися сорти Промінь і Новокитаївська та Космічна і С5. Аналогічну картину «близького» розташування спостерігаємо для сортів Благородна, Осіння, Брусвяна і С3. До другого кластеру входять три сорти малини: С1, С2 і С4.

Таблиця 3 – **Генетичні взаємовідносини між дослідженими сортами малини, розраховані за поліморфізмом 10 SSR-локусів** (вище діагоналі – індекси генетичної ідентичності, нижче – генетичні відстані)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	****	0.4213	0.9398	0.6367	0.4697	0.5717	0.6727	0.6176	0.6367	0.5186	0.6367	0.6063
2	0.8643	****	0.4677	0.2673	0.4830	0.3465	0.4077	0.2269	0.1336	0.3214	0.1336	0.3341
3	0.0621	0.7599	****	0.6875	0.4518	0.5303	0.6240	0.5760	0.6250	0.5345	0.6250	0.5938
4	0.4515	1.3195	0.3747	****	0.4841	0.7660	0.6240	0.6973	0.6562	0.6682	0.6562	0.7188
5	0.7557	0.7276	0.7944	0.7254	****	0.4869	0.7519	0.5949	0.2582	0.3450	0.2582	0.3873
6	0.5592	1.0600	0.6343	0.2665	0.7198	****	0.7191	0.6288	0.6187	0.7874	0.6187	0.8839
7	0.3965	0.8973	0.4715	0.4715	0.2851	0.3298	****	0.8072	0.5894	0.5930	0.5894	0.6934
8	0.4818	1.4834	0.5516	0.3606	0.5193	0.4639	0.2142	****	0.6063	0.5510	0.6063	0.5760
9	0.4515	2.0127	0.4700	0.4212	1.3540	0.4801	0.5287	0.5003	****	0.6013	0.0056	0.6562
10	0.6567	1.1350	0.6264	0.4032	1.0641	0.2390	0.5226	0.5961	0.5086	****	0.6013	0.8352
11	0.4515	2.0127	0.4700	0.4212	1.3540	0.4801	0.5287	0.5003	0.0093	0.5086	****	0.6562
12	0.5003	1.0964	0.5213	0.3302	0.9486	0.1234	0.3662	0.5516	0.4212	0.1801	0.4212	****

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

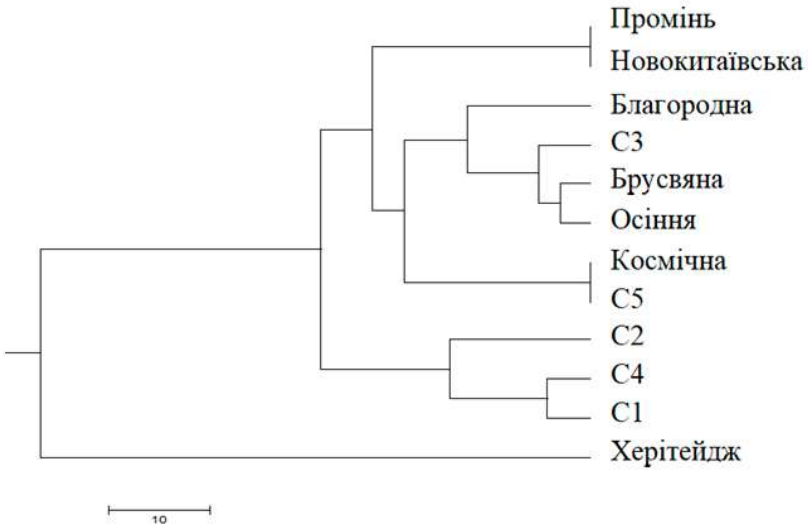


Рис. 3. **Дендрограма спорідненості 12 сортів малини, побудована на основі аналізу поліморфізму 10 SSR-локусів.**

Отже, нами вперше в Україні було проведено визначення генотипів мікросателітних локусів у сортів червоної малини (*Rubus idaeus L.*). Встановлено високий рівень поліморфізму мікросателітних локусів у проаналізованих сортів. Доведено можливість перевірки спорідненості зразків на основі аналізу розподілу мікросателітних алелів. Отримані дані свідчать про перспективність застосування протестованих маркерів для оцінювання генетичного різноманіття вітчизняного генофонду малини, а також під час розроблення методів ідентифікації і паспортизації сортів, що може бути використано для захисту авторських прав селекціонерів.

REFERENCES

1. Agrarians together. Catalog of plant cultivars. Available at: https://agrarii-razom.com.ua/culture-varieties-catalog/malyna.

2. Bassil, N.V., Dossett, M., Hummer, K.E., Mockler, T., Filichkin, S., Peterson, M.E., Lee, J., Fernandez, G., Perkins-Veazie, P., Weber, C., Agunga, R., Rhodes, E., Scheerens, J.C., Yang, W., Lewers, K.S., Graham, J., Fernandez Fernandez, F., Yun, S., Finn, C.E. (2014). Genetic and developing genomic resources in black raspberry. Acta Horticulturae. Available at: http://www.actahort.org/books/1048/1048_/.htm.

3. Bussemeyer, D.T., Pelikan, S., Kennedy, R.S., Rogstad, S.H. (1997). Genetic diversity of Philippine *Rubus moluccanus* L. (Rosaceae) populations examined with VNTR DNA probes. J. Trop. Biol. Vol. 14, pp. 867–884. DOI: 10.1017/S0266467400011044.

4. Castillo, N. R., Reed, B. M., Graham, J., Fernández-Fernández, F., Bassil, N. V. (2010). Microsatellite Markers for Raspberry and Blackberry. Journal of the American Society for Horticultural Science. Vol. 135(3), pp. 271–278. DOI: 10.21273/JASHS.135.3.271

5. Dossett, M., Bassil, N., Finn, C. (2012). SSR fingerprinting of black raspberry cultivars shows discrepancies in identification. Acta Hortic. Vol. 946, pp. 49–53. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.946.4.

6. Dyman, N., Karpuk, L. (2023). The use of DNA markers in raspberry (*Rubus* L.) research: a review. Agrobiology. no. 2, pp. 67–77. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-67-77

7. Fernández-Fernández, F., Antanaviciute, L., Govan, C.L., Sargent, D.J. (2011). Development of a multiplexed microsatellite set for fingerprinting red raspberry (Rubus idaeus) germplasm and its transferability to other Rubus species. Journal of Berry Research. Vol. 1(4), pp. 177–187.

8. Foster, T., Nahla, M., Bassil, V., Dossett M., Worthington, M., Graham, J. (2019). Genetic and genomic resources for *Rubus* breeding: a roadmap for the future. *Horticulture Research*. Vol. 6, 116 p. DOI: 10.1038/s41438-019-0199-2

9. Garrido, P., Morillo, E., Vásquez-Castillo, W. (2020). Genetic diversity of the Andean blackberry (Rubus glaucus Benth.) in Ecuador assessed by AFLP markers. Plant Genetic Resources. Vol. 18(4), pp. 243–250. DOI: 10.1017/S1479262120000283

10. Graham, J., Smith, K., MacKenzie, K., Jorgenson, L., Hackett, C., Powell, W. (2004). The construction of a genetic linkage map of red raspberry (Rubus idaeus subsp idaeus) based on AFLPs, genomic-SSR and EST-SSR markers. Theoretical and Applied Genetics. no. 109, pp. 740–749. DOI: 10.1007/s00122-004-1687-8

11. Jamali, S.H., Cockram, J., Hickey, L.T. (2019). Insights into deployment of DNA markers in plant variety protection and registration. Theor. App. Genet. Vol. 132, pp. 1911–1929. DOI: 10.1007/s00122-019-03348-7.

12. Lacis, G., Kota-Dombrovska, I., Strautina S. (2017). Evaluation of red raspberry cultivars used for breeding and commercial growing in the Baltic region. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Vol. 71, no. 3 (708), pp. 203–210. DOI: 10.1515/prolas-2017-0034

13. Lopes, M.S., Maciel, G.B., Mendonça, D., Gil, F.S., Da Câmara Machado, A. (2006). Isolation and characterization of simple sequence repeat loci in Rubus hochstetterorum and their use in other species from the Rosaceae family. Molecular Ecology Notes. Vol. 6, pp. 750–752. DOI: 10.1111/j.1471-8286.2006.01329.x.

14. López, A., Barrera, C., Marulanda, M. (2019). Evaluation of SSR and SNP markers in *R. glaucus* Benth progenitors' selection. Rev. Bras. Frutic. Vol. 41 (1), pp. 1–14. DOI: 10.1590/0100-29452019081.

15. Marulanda, M., López, A., Uribe M. (2012). Genetic Diversity and Transferability of Rubus Microsatellite Markers to South American Rubus Species, The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity. InTech. Available at: http://www.intechopen.com/books/the-molecular-basis-of-plant-genetic-diversity/genetic-diversity-andtransferability-of-rubus-microsatellite-markers-to-south-american-rubus-specie

16. Nunes, C.F., Ferreira, J.L., Nunes-Fernandes, M.C., de Souza Breves, S., Generoso, A.L., Fontes-Soares, B.D., Carvalho-Dias, M.S., Pasqual, M., Borem, A., de Almeida Cancado, G.M. (2011). An improved method for genomic DNA extraction from strawberry leaves. Ciência Rural. Vol. 41, pp. 1383–1389. DOI: 10.1590/S0103-84782011000800014

17. Ochieng, J.A., Oyoo, M.E., Gesimba, R.M., Korir, P.C., Ojwang, P.P.O., Owuoche, J.O. (2018). Genetic diversity of blackberry (Rubus subgenus Rubus Watson) in selected counties in Kenya using simple sequence repeats (SSRs) markers. Afr. J. Biotechnol. Vol. 17(39), pp. 1247–1264. DOI: 10.5897/AJB2018.16613

18. Simlat, M., Ptak, A., Kula, A., Orzeł, A. (2018). Assessment of genetic variability among raspberry accessions using molecular markers. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus. Vol. 17(5), pp. 61–72. DOI: 10.24326/asphc.2018.5.6

19. State Register of Plant Cultivars Suitable for Distribution in Ukraine in 2019. 2024. Available at: https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin.

20. Wight, H., Zhou, J., Li, M., Hannenhalli, S., Mount, S., Liu, Z. (2019). Draft genome assembly and annotation of red raspberry Rubus idaeus. BioRxiv. DOI: 10.1101/546135.

Assessment of intervarietal polymorphism of raspberry using SSR-PCR analysis

Dyman N., Karpuk L.

Raspberry (*Rubus idaeus L.*) is one of the leading berry crops in Ukraine. The necessity to improve its varietal composition in several directions requires the use of DNA markers as a modern approach to working with genetic resources. For the first time, microsatellite DNA markers (SSR-PCR) were applied to study the genetic structure of 12 raspberry cultivars cultivated in Ukraine and to evaluate their

effectiveness in determining the genetic relatedness among them.

Genotyping was carried out using 10 microsatellite loci: RiM017, RiM019, RhM003, RhM011, RhM043, Rub1a, Rub4a, Rub223a, Rub228a, and Rub262b. The analysis of microsatellite locus polymorphism was performed by electrophoretic separation of PCR products in an 8 % denaturing polyacrylamide gel (PAGE), followed by silver nitrate staining.

A high level of polymorphism of the SSR markers in raspberry was revealed. The average number of alleles per locus was 4.61. The effective number of alleles ranged from 1.291 (RiM017) to 5.053 (Rub228a). Shannon index values varied from 0.456 (Rub228a) to 1.770 (RhM043). The highest observed heterozygosity was recorded for locus RiM019 (83.3 %), and the lowest for locus RhM011 (8.3 %). Based on the allele frequencies, the polymorphism information content (PIC) values were calculated and ranged from 0.212 to 0.777 across the studied markers. The genetic distances among the cultivars varied from 0.0093 to 2.0127, while genetic identity indices ranged from 0.0056 to 0.9398.

The obtained results demonstrate the potential of the tested SSR markers for assessing the genetic diversity of the national raspberry gene pool and for the identification and certification (passportization) of raspberry cultivars.

Key words: raspberry, *Rubus idaeus L.*, polymorphism, SSR markers, microsatellites, cultivar identification.

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

ORCID iD:
Димань Н.О. https://orcid.org/0000-0003-4087-2957
Карпук Л.М. https://orcid.org/0000-0002-2303-7899

АГРОНОМІЯ

УДК 631. 811.98:633.11(477.7)

Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від впливу стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення в умовах Східного Лісостепу України

Іванов С.О., Рожков А.О.

Державний біотехнологічний університет

isa28021979@ukr.net

Іванов С.О., Рожков А.О. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від впливу стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів мінерального живлення в умовах Східного Лісостепу України. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 38–47.

Ivanov S., Rozhkov A. Yield and winter wheat grain quality under the influence of humic acid-based growth stimulants at different levels of mineral nutrition in the Eastern Forest-Steppe region of Ukraine. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 38–47.

Рукопис отримано: 09.03.2026 р.
Прийнято: 24.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-38-47

ISSN 2310-9270

У статті наведено результати дворічних досліджень щодо впливу передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень стимуляторами росту на основі гумінових речовин за різних фонів живлення на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої сорту Богдана в умовах Східного Лісостепу України. Дослідження проведено в 2024 і 2025 рр. на базі зерно-паро-просапної сівозміни кафедри рослинництва, що входить до структури ННВЦ «Дослідне поле ім. В.В. Докучаєва» Державного біотехнологічного університету.

Дослід закладали методом розщеплених ділянок. Ділянками першого порядку були два фони живлення: 1 – контроль (без добрив); 2 – припосівне внесення комплексного добрива Макростар з розрахунку $N_{15}P_{30}K_{20}$ + прикореневе підживлення після настання фізичної стиглості ґрунту карбамідом у дозі N_{50} + позакореневе підживлення карбамідом під час перебування рослин у 37-й мікрофазі за міжнародною шкалою ВВСН у дозі N_{10}. Ділянками другого порядку були сім варіантів застосування стимуляторів росту на основі гумусових речовин для передпосівної обробки насіння та позакореневого внесення під час 31-ї мікрофази. Площа посівної ділянки становила 30 м^2, облікової – 25 м^2.

Серед досліджуваних стимуляторів росту, з погляду впливу на врожайність зерна, вищу ефективність показав інноваційний продукт БлекДжек. У варіантах проведення обробки насіння і позакореневого підживлення цим продуктом на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$, врожайність зерна пшениці в 2024 і 2025 рр. становила 4,58 і 6,30 т/га, що на 1,18 і 1,52 т/га відповідно вище, ніж на контролі.

Передпосівна обробка насіння у сполученні з позакореневим підживленням стимуляторами росту Гумат Калію і Фульвігум на обох фонах живлення забезпечили формування істотно вищої врожайності зерна порівняно з контролем, проте вона була істотно меншою, ніж у варіантах застосування БлекДжеку. Отже, за вибору стимуляторів росту на основі гуматів, під час вирощування пшениці озимої, перевагу слід надавати стимулятору росту БлекДжек.

Стимулятори росту не мали істотного впливу на вміст білка в зерні, тож різниця за збором білка з 1 га була зумовлена різним рівнем врожайності зерна. Найвищий збір білка з 1 га був у варіанті сполучення обробки насіння з позакореневим підживленням під час 31-ї мікрофази стимулятором БлекДжеком на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ – 0,664 т/га – в 2024 р. і 0,869 т/га – у 2025 р.

Ключові слова: пшениця озима, стимулятори росту, мінеральні добрива, обробка насіння, позакореневе підживлення, урожайність, якість зерна.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Питання виробництва високоякісного зерна пшениці озимої набуває особливої актуальності в умовах виходу України на світові ринки зерна. Ключовим фактором підвищення врожайності та якості зерна пшениці озимої є впровадження у виробництво сучасних, високоефективних і конкурентоспроможних технологій вирощування цієї культури [1]. Результати досліджень вітчизняних і зарубіжних учених доводять, що отримання конкурентоспроможної рослинницької продукції можливе лише за умови використання досягнень науково-технічного прогресу. Це реалізується через удосконалення систем землеробства та застосування сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур [2, 3].

За теперішніх економічних умов ефективне вирішення цієї проблеми гальмується дефіцитом і високою вартістю матеріально-технічних засобів, низьким рівнем реалізації генетичного потенціалу сортів і недосконалим рівнем технологій вирощування [4, 5].

З іншого боку, надмірне використання хімічних засобів та виснаження ґрунтів спричиняє значне зниження їхньої родючості. Тому особливо важливим є зменшення хімічного навантаження на агроекосистеми, ширше використання потенціалу біотехнологій, а також розробка і впровадження нових підходів до екологічно безпечного захисту рослин. Заходи, спрямовані на біологізацію землеробства, мають забезпечити відновлення родючості ґрунтів, підвищення врожайності та поліпшення якості продукції сільськогосподарських культур [6–8].

У сучасних умовах дефіциту органічних добрив, що відповідають стандартам органічного виробництва, зростає зацікавленість у прикладних дослідженнях, спрямованих на підвищення родючості ґрунтів. З огляду на це перспективним є використання стимуляторів росту на основі гумусових речовин [9].

Такі препарати виконують роль стимуляторів росту рослин, оскільки сприяють активізації обмінних процесів, підвищують адаптаційні можливості рослин, стимулюють перебіг біоенергетичних процесів [1, 10]. Крім того, гумусові речовини впливають на всі стадії мітотичного циклу клітин, що забезпечує підвищення мітотичного індексу приблизно у півтора раза. У результаті посилюється формування кореневої системи, а також підвищується поглинання води та поживних елементів рослинами.

Зазначається, що застосування стимуляторів росту є надзвичайно ефективним у разі їх використання як для передпосівної обробки насіння, так і для листкових підживлень. Було доведено, що передпосівна обробка насіння розчинами на основі стимуляторів росту сприяє покращенню енергії проростання, підвищує польову схожість насіння, забезпечує формування вищих елементів продуктивності рослин [11–14] та покращення якісних показників зерна пшениці озимої [15, 16]. Крім того, численні дослідження підтверджують стимулюючий вплив таких розчинів на розвиток коренів [17–19].

Науковці І.І. Ярчук, Т.В. Мельник і О.В. Моргун [20] зазначають, що за умови дотримання рекомендованих доз застосування стимуляторів росту суттєво збільшується маса та розростання кореневої системи зернових культур. Це відбувається завдяки утворенню більшої кількості вторинних коренів та їх інтенсивному розвитку. Як результат, маса коренів може збільшуватися більш ніж на 50 %, що сприяє ефективнішому використанню агроресурсного потенціалу і, відповідно, – підвищенню врожайності та поліпшенню якості зерна.

Вагомим резервом збільшення врожайності зернових культур є застосування підвищених норм внесення синтетичних добрив. Водночас, такий підхід призводить до погіршення екологічної ситуації [21], значного зростання витрат на вирощування культур, і крім того, не завжди позитивно впливає на ріст і розвиток рослин [11]. До того ж, у регіонах недостатнього зволоження ефективність цього заходу часто є низькою, адже саме волога виступає основним фактором, що обмежує рівень реалізації генетичного потенціалу рослин.

Застосування стимуляторів росту сприяє оптимізації системи удобрення і дозволяє зменшити норми внесення синтетичних добрив без зниження продуктивності рослин. Це відбувається завдяки більш раціональному використанню рослинами елементів живлення як із самих добрив, так і з ґрунтового середовища [22]. У цьому контексті особливої уваги заслуговують стимулятори росту природного походження, зокрема продукти на основі гуматів [23].

Визначення найбільш ефективних стимуляторів росту на основі гуматів, а також оптимальних фонів мінерального живлення для конкретних умов вирощування сприятиме більш повному розкриттю біологічного потенціалу врожайності та якості зерна

пшениці озимої. Одже, дослідження в цьому напрямку є актуальними та мають значну практичну цінність. Вивчення ефективності застосування таких продуктів у сполученні з мінеральними добривами створює можливість цілеспрямовано управляти продуктивністю рослин, що в свою чергу підвищуватиме її конкурентоспроможність і сприятиме зростанню зацікавленості у її вирощуванні серед виробників.

З огляду на це, **мета досліджень** передбачала проведення порівняльної оцінки ефективності застосування стимуляторів росту на основі гумінових речовин за різних фонів живлення з погляду їх впливу на врожайність та якість зерна пшениці озимої в умовах Східного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено в 2024, 2025 рр. на базі зерно-паро-просапної сівозміни кафедри рослинництва, яка входить до структури ННВЦ «Дослідне поле ім. В.В. Докучаєва» Державного біотехнологічного університету. Ґрунт – чорнозем типовий, важкосуглинковий на карбонатному лесі. Технологія вирощування пшениці озимої, за виключенням досліджуваних питань, була загальноприйнятою для району досліджень.

Для досліджень обрали популярний серед виробників сорт пшениці озимої – Богдана. Сівбу проводили за температури ґрунту на глибині загортання насіння (5 см) – 12–14 °С, що відповідає пізнім строкам сівби. Насіння висівали у нормі висіву 500 шт./м^2 рядковим способом з міжряддям 15 см. Через пізні строки сівби, насіння обробляли лише фунгіцидним протруювачем з додаванням до нього передбачених програмою стимуляторів росту.

Весною, з настанням фізичної стиглості ґрунту, згідно з планом досліджень, вносили карбамід з розрахунку N_{50}. Наприкінці кущіння, проти дводольних бур'янів, посіви обприскували гербіцидом Дербі з розрахунку 60 г/га. Проти комплексу шкідників і хвороб у 37-му мікрофазу посіви обприскували сумішшю інсектициду Юні-КС (1,0 л/га) і фунгіциду Фенікс Дуо (0,5 л/га). Відповідно до програми досліджень, на ряді варіантів до цього розчину додавали карбамід у дозі N_{10}. Під час перебування рослин у 61–62-й мікрофазі, від хвороб колоса посіви обробляли трикомпонентним фунгіцидом Солігор з розрахунку 1,0 л/га.

Двофакторний дослід ставили методом розщеплених ділянок у трьох повтореннях. Головними ділянками в досліді були два фони живлення (фактор *А*): 1 – контроль (без добрив); 2 – припосівне внесення комплексного добрива Макростар у дозі $N_{15}P_{30}K_{20}$ + весняне підживлення посівів після настання фізичної стиглості ґрунту карбамідом з розрахунку N_{50} + позакореневе підживлення карбамідом під час 37-ї мікрофази з розрахунку – N_{10}.

Ділянками другого порядку були сім варіантів застосування стимуляторів росту (фактор *В*): I – контроль; II, IV і VI – передпосівна обробка насіння Гуматом Калію, Фульвігумом і БлекДжеком у дозах 1,0; 0,8 і 1,0 л/т відповідно; III, V і VII – передпосівна обробка насіння у сполученні з позакореневим підживленням Гуматом Калію, Фульвігумом і БлекДжеком під час перебування рослин у 31-й мікрофазі. Доза внесення Гумату Калію, Фульвігуму і БлекДжеку для позакореневої обробки посівів становила 0,5; 0,3 і 1,0 л/га відповідно. Площа посівної ділянки досліду становила 30 м^2, облікової – 25 м^2.

За температурними показниками та режимом опадів погодні умови під час вегетації пшениці озимої у 2024–2025 рр., особливо під час весняно-літнього періоду, були близькими до кліматичної норми. Весняно-літній період вирощування пшениці озимої у 2023–2024 рр. проходив у вкрай важких погодних умовах. Зокрема, з початку травня і фактично до збирання врожаю не випало жодного продуктивного дощу. Водночас, негативна дія посухи посилювалася аномально високими температурами в другій половині червня і першій половині липня. Однак, значний контраст погодних умов у роки досліджень, дав можливість краще порівняти між собою вплив досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення і оцінити їх ефективність у різних погодних умовах вегетації рослин пшениці озимої.

Гумат Калію на сьогодні є одним із найбільш поширених стимуляторів росту на основі гумінових речовин. У його складі міститься дві їх фракції – гумінові та фульвові кислоти у кількості – 150 г/л і 20 г/л відповідно. До складу Гумату Калію також входять власне калій (30 г/л), фосфор (20 г/л), а також по 3 г/л цинку, бору, міді, магнію та марганцю.

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

Інноваційний стимулятор росту *БлекДжек,* виробництва швейцарської компанії *AVENTO Sarl,* виготовляють на основі найякіснішої сировини – леонардиту, видобутого в Північній Дакоті (США). Унікальність цього продукту полягає в тому, що у його складі містяться всі фракції гумусових речовин: гумінові кислоти (190–210 г/л), фульвові кислоти (30–50 г/л), ульмінові кислоти (30–40 г/л) та гумін (до 30 г/л). У незначній кількості в ньому містяться ряд макро- та мезоелементів – азот, фосфор, калій, кальцій, сірка та марганець.

Закладання досліду, облік досліджуваних показників і статистичний аналіз результатів урожайності проводили за загальноприйнятими методиками [24].

Результати дослідження та обговорення. Аналіз результатів досліджень щодо впливу передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень стимуляторами росту на основі гумінових речовин на врожайність зерна пшениці озимої свідчить про їхню високу ефективність. Зокрема, вищий результат отримано у варіантах де їх застосовували для передпосівної обробки насіння у сполученні з позакореневим підживленням під час 31-ї мікрофази.

У середньому за два роки досліджень, найвища врожайність зерна пшениці озимої на обох фонах живлення була у варіанті сполучення передпосівної обробки насіння з позакореневим підживленням під час 31-ї мікрофази інноваційним стимулятором росту БлекДжек – 4,59 т/га – на контролі і 5,44 т/га – у варіанті внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ (табл. 1). Приріст урожайності зерна порівняно з контролем фактора *B* становив 0,50 і 0,54 т/га відповідно.

По роках досліджень урожайність зерна пшениці найвищою також була у варіанті сполучення передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення під час 31-ї мікрофази стимулятором росту БлекДжек. Зокрема, у 2024 р. на контролі фактора *A* і варіанті внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ вона становила 3,85 і 4,58 т/га відповідно, у 2025 р. – 5,53 і 6,30 т/га, що істотно вище, ніж на контролі.

Застосування інноваційного стимулятора росту БлекДжек для передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення під час 31-ї мікрофази забезпечувало отримання істотного приросту врожайності зерна пшениці не лише порівняно з контролем, а й порівняно з усіма іншими варіантами фактора *B*. За проведеним статистичним аналізом із використанням рангового критерію Дункана, в погодних умовах 2024 і 2025 рр., на обох фонах живлення, врожайність зерна пшениці сорту Богдана в цьому варіанті віднесено до найвищої – третьої рангової групи. Інші варіанти входили до першої або другої рангової групи.

Таблиця 1 – **Урожайність зерна пшениці озимої за впливу досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення,** т/га

Варіант застосування стимулятора (фактор *B*)	Рік				Середнє за два роки	
	2024		2025			
	Фон живлення (фактор *A*)					
	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$
I*	3,40^{I**}	4,13^{I}	4,78^{I}	5,66^{I}	4,09	4,90
II	3,57^{I}	4,19^{I}	4,91^{I}	5,80^{I}	4,24	5,00
III	3,71^{II}	4,28^{I}	5,06^{II}	6,01^{II}	4,39	5,15
IV	3,62^{II}	4,25^{I}	4,94^{I}	5,91^{II}	4,28	5,08
V	3,74^{II}	4,36^{II}	5,12^{II}	6,05^{II}	4,43	5,21
VI	3,72^{II}	4,44^{II}	5,20^{II}	6,18^{II}	4,46	5,31
VII	3,85^{III}	4,58^{III}	5,33^{III}	6,30^{III}	4,59	5,44
Середнє	3,66	4,32	5,05	5,99	4,35	5,16
$НІР_{05}$ ефекту *A*: 0,15 т/га – у 2024 р. і 0,21 т/га – у 2025 р. $НІР_{05}$ ефекту *B*: 0,15 т/га – у 2024 р. і 0,23 т/га – у 2025 р. $НІР_{05}$ часткових порівнянь *A*: 0,16 т/га – у 2024 р. і 0,23 т/га – у 2025 р. $НІР_{05}$ часткових порівнянь *B*: 0,18 т/га – у 2024 р. і 0,24 т/га – у 2025 р.						

Примітка: * – зміст варіантів фактора *B* розкрито в пункті – Матеріал і методи дослідження;
** – рангове групування показників урожайності зерна за критерієм Дункана.

За ефективністю стимулятор росту Фульвігум поступався БлекДжеку, однак він також забезпечував отримання істотного приросту врожайності зерна порівняно з контрольним варіантом. За проведеним статистичним аналізом із використанням рангового критерію Дункана, врожайність зерна пшениці у варіанті проведення передпосівної обробки насіння у сполученні з позакореневим підживленням під час 31-ї мікрофази цим продуктом у погодних умовах 2024 і 2025 рр. на обох агрофонах віднесено до другої рангової групи. У разі проведення лише передпосівної обробки насіння Фульвігумом, у 2024 р. істотний приріст урожайності зерна відмічено лише на контролі фактора *A*, а в 2025 р. – на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$. На інших варіантах істотного приросту врожайності зерна порівняно з контролем фактора *B* не відмічено.

У відносних показниках, приріст врожайності зерна пшениці на варіантах застосування стимуляторів росту дещо вищим був на фоні без добрив (контроль фактора *A*). Зокрема, у варіанті сполучення передпосівної обробки насіння з позакореневим підживленням інноваційним стимулятором росту БлекДжек урожайність зерна порівняно з контролем цього фактора на фоні без внесення добрив підвищувалася на 12,2 %, а на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ – на 11,0 %. Вищу ефективність застосування стимуляторів росту на менш удобреному фоні відмічали також інші дослідники [25]. На нашу думку це закономірно, адже на кращих фонах живлення рослини, по-перше, – краще забезпечені поживними елементами, по-друге – менше потерпають від стресів, насамперед дефіциту вологи, оскільки формують більш розвинену кореневу систему.

Крім урожайності, важливе значення має якість отриманої продукції. Не завжди приріст врожайності може свідчити про вищу економічну ефективність варіанта який її забезпечує. І справа може бути не лише у вищих витратах на вирощування, а й у якості зібраної продукції. Продукція вищої якості коштує дорожче, і може «перекривати» нижчу врожайність.

Враховуючи це, було визначено вміст білка в зерні пшениці та його вихід з 1 га. Незважаючи на те, що ряд авторів відмічають позитивний вплив стимуляторів росту на підвищення вмісту білка в зерні пшениці [1, 3, 12], у нашому досліді значного впливу позакореневих підживлень і, тим більше, передпосівної обробки насіння цими продуктами на вміст білка в зерні не було. Спостерігалася лише неістотна позитивна тенденція підвищення вмісту білка в зерні за умови проведення передпосівної обробки насіння та позакореневого внесення стимуляторів Фульвігум і БлекДжек, зокрема, – лише на удобреному фоні. У середньому за два роки, на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$, вміст білка в зерні пшениці озимої на варіантах сполучення передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення стимуляторами росту Фульвігум і БлекДжек становив 14,2 %, що на 0,2 % вище, ніж на контролі цього фактора (табл. 2).

Таблиця 2 – **Вміст білка в зерні пшениці озимої за дії досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення,** %

Варіант застосування стимулятора (фактор *B*)	Рік				Середнє за два роки	
	2024		2025			
	Фон живлення (фактор *A*)					
	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$
I	13,9	14,4	13,2	13,6	13,6	14,0
II	13,9	14,3	13,1	13,6	13,5	13,9
III	13,9	14,4	13,3	13,7	13,6	14,1
IV	13,9	14,4	13,2	13,6	13,6	14,0
V	13,8	14,5	13,3	13,8	13,6	14,2
VI	13,9	14,4	13,2	13,6	13,6	14,0
VII	13,9	14,5	13,3	13,8	13,6	14,2
Середнє	13,9	14,4	13,2	13,7	13,6	14,1

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

Найвищий збір білка з 1 га посівів у досліді був у варіанті сполучення передпосівної обробки насіння з позакореневим підживленням під час 31-ї мікрофази стимулятором росту БлекДжек на удобреному фоні – 0,664 т/га – в погодних умовах 2024 р. і 0,869 т/га – у 2025 р. (табл. 3). Як зазначено вище, досліджувані варіанти застосування стимуляторів росту не мали істотного впливу на вміст білка в зерні пшениці озимої, тож різниця за збором білка з 1 га була зумовлена саме різними показниками врожайності зерна. закономірно, оскільки і передпосівна обробка насіння і позакореневі підживлення не можуть бути альтернативою класичним видам внесення мінеральних добрив які, за наукового підходу, здатні забезпечити бездефіцитний баланс поживних елементів для рослин. Роль застосування стимуляторів рослин зводиться до стимуляції ростових процесів, створення кращих умов для ґрунтової біоти, ослаблення дії стресів і звісно, – більш ефективного використання елементів живлення з добрив. Зокрема, завдяки внесенню $N_{75}P_{30}K_{20}$, збір

Таблиця 3 – **Збір білка з 1 га посівів пшениці озимої за впливу досліджуваних варіантів застосування стимуляторів росту на різних фонах живлення,** т

Варіант застосування стимулятора (фактор *B*)	Рік				Середнє за два роки	
	2024		2025			
	Фон живлення (фактор *A*)					
	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$	контроль	$N_{75}P_{30}K_{20}$
I	0,473	0,595	0,631	0,769	0,552	0,682
II	0,496	0,600	0,643	0,789	0,570	0,695
III	0,516	0,616	0,673	0,823	0,595	0,720
IV	0,503	0,612	0,652	0,804	0,578	0,708
V	0,516	0,632	0,681	0,835	0,598	0,734
VI	0,517	0,639	0,686	0,840	0,601	0,740
VII	0,535	0,664	0,709	0,869	0,622	0,767
Середнє	0,508	0,623	0,668	0,818	0,588	0,721

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

Загалом, завдяки передпосівній обробці насіння у сполученні з позакореневим підживленням посівів під час 31-ї мікрофази стимулятором росту БлекДжек на удобреному фоні – внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$, збір білка з 1 га порівняно з контролем обох факторів у середньому за два роки вдалося підвищити на 0,215 т/га, або майже на 40,0 % – від 0,552 до 0,767 т/га. Для порівняння, – у кращому варіанті досліду, врожайність зерна порівняно з контролем у середньому за два роки підвищувалася на 33,0 %. Вищий вплив сполучення досліджуваних факторів на збір білка зумовлений тим, що внесення добрив у загальній нормі $N_{75}P_{30}K_{20}$, поряд із значним підвищенням урожайності зерна, також забезпечувало істотне збільшення вмісту білка в ньому.

Серед досліджуваних факторів, як на врожайність зерна, так і на збір білка з 1 га більший вплив чинив фон живлення, що загалом білка з 1 га порівняно контролем у середньому за іншими факторами вдалося збільшити на 0,133 т/га або 22,6 %, тимчасом за впливу передпосівної обробки насіння у сполученні з позакореневим підживленням БлекДжеком (кращий варіант фактора *B*) – на 0,078 т/га, або на 12,3 %.

Погодні умови років досліджень значно різнилися як за кількістю опадів, так і за температурним режимом, тож цілком закономірним було те, що їх вплив як на врожайність зерна, так і збір білка був найвищий. Зокрема, діапазон розбіжності врожайності зерна та збору білка з 1 га посівів пшениці озимої за впливу погодних умов у середньому за іншими факторами становив 1,52 т/га (38,0 %) і 0,177 т/га (31,3 %), тимчасом за впливу фону живлення, а саме серед досліджуваних технологічних факторів, він мав більший вплив і на врожайність зерна і на збір білка з 1 га – 0,81 т/га (18,6 %) і 0,133 т/га (22,6 %) відповідно.

Виключно важливим є те, що застосування стимуляторів росту показало високу ефективність не лише в несприятливих, а й достатньо «комфортних» для рослин пшениці озимої погодних умовах. Зокрема, в достатньо сприятливих погодних умовах 2025 р., за умови оптимізації стимуляції росту та розвитку рослин (сьомий варіант фактора *B*), збір білка порівняно з контролем (варіант без застосування стимуляторів росту) на фоні без добрив зростав на 0,078 т/га або 12,4 %, на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ – на 0,100 т/га або 13,0 %.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено нові дані щодо ефективності застосування інноваційних стимуляторів росту рослин на основі гумінових речовин для передпосівної обробки насіння і позакореневих підживлень посівів пшениці озимої в умовах Східного Лісостепу України.

З погляду впливу на врожайність зерна пшениці озимої кращим виявився варіант сполучення передпосівної обробки насіння з позакореневим підживленням під час 31-ї мікрофази інноваційним стимулятором росту БлекДжек. У середньому за два роки врожайність зерна в цьому варіанті, на варіантах без внесення добрив і на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$, становила 4,59 і 5,44 т/га відповідно, що на 0,50 і 0,54 т/га вище, ніж на контролі.

Передпосівна обробка насіння у сполученні з позакореневим підживленням стимуляторами росту Гуматом Калію і Фульвігумом на обох фонах живлення забезпечувала формування істотно вищої врожайності зерна пшениці озимої сорту Богдана порівняно з контролем, проте істотно поступалася варіантам на яких застосовували стимулятор росту БлекДжек. Отже, за вибору стимуляторів росту на основі гуматів, під час вирощування пшениці озимої перевагу слід надавати інноваційному стимулятору росту БлекДжек.

Досліджувані варіанти застосування стимуляторів росту не мали істотного впливу на вміст білка в зерні, тож різниця за збором білка з 1 га була зумовлена саме різною врожайністю зерна. Найвищий збір білка з 1 га в досліді був у варіанті сполучення передпосівної обробки насіння з позакореневим підживленням під час 31-ї мікрофази стимулятором росту БлекДжек на фоні внесення $N_{75}P_{30}K_{20}$ – 0,664 т/га в 2024 р. і 0,869 т/га – в 2025 р.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні більш широкого спектра стимуляторів росту, зокрема на основі інших сполук, визначення оптимальних варіантів їх застосування з урахуванням сортових особливостей культури, прийнятої системи живлення та захисту, погодних умов тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вплив систем удобрення з використанням біостимулятора та гумусного добрива на врожайність і якість зерна пшениці озимої / А.О. Дубицька та ін. Передгірське та гірське землеробство і тваринництво. 2024. Вип. 76 (1). С. 16–25. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-2

2. Пиріг Г., Віцентій Х. Сучасні технології екологізації сільськогосподарського виробництва. Вектори інноваційного розвитку освіти, науки і бізнесу в умовах глобальних змін: матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції. Тернопіль, 2021. С. 84–87.

3. Шакалій С.М., Шендецький О.О., Плішенко В.О. Вплив попередників та стимуляторів росту на урожайність та якість сортів озимої пшениці. Таврійський науковий вісник: Землеробство, рослинництво, овочівництво і баштанництво. 2025. № 144. С. 243–249. DOI: 10.32782/2226-0099.2025.144.31

4. Карабач К.С. Урожайність та показники якості пшениці озимої залежно від систем основного обробітку грунту та удобрення. Plant & Soil Science. 2019. Т. 10. № 3. 42 с.

5. Сметанко О.В., Бурикіна С.І., Кривенко А.І. Вплив елементів біологізації вирощування пшениці озимої на різних фонах мінерального живлення в умовах Південного Степу України. Вісник аграрної науки. 2018. № 8 (785). С. 33–37. DOI: 10.31073/agrovisnyk201808-05

6. Кудрявицька А.М., Карабач К.С. Вплив добрив на урожайність та показники якості зерна пшениці озимої. SWorldJournal. 2023. Вип. 20. № 1. С. 148–150. DOI: 10.30888/2663-5712.2023-20-01-038

7. Holman J.D., Obour A.K., O'Brien D. Historic winter wheat yield, production, and economic value trends in Kansas, the "Wheat State". Crop Science. 2024. 64(2). P. 925–941. DOI: 10.1002/csc2.21171

8. Raj A.S., Siliveru K., McLean R. Intensive management simultaneously reduces yield gaps andimproves milling and baking properties of bread wheat. Crop Science. 2023. Vol. 63(2). P. 936–955. DOI: 10.1002/csc2.20906

9. Мірошниченко І.М. Зміни елементного складу рослин пшениці озимої за дії Мегафолу та ретардантів. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2017. Т. 3. № 8. С. 403–409.

10. Тютюнник Н., Рогач Ю., Погромська Я. Ефективність стимулятору-адаптогену гуміам на посівах пшениці озимої в умовах Донеччини. Інноваційні технології в агровиробництві та природокористуванні: проблеми та перспективи: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Шубків, 2021. С. 43–44.

11. Короткова І.В., Карасенко В.М. Вплив систем удобрення з гуміновим препаратом на врожайність та прибутковість вирощування пшениці озимої. Scientific-Progress & Innovations. 2023. Т. 26. № 3. С. 17–21.

12. Корхова М.М., Нікончук Н.В. Адаптивний потенціал нових сортів пшениці озимої в умовах

південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2021. № 122. С. 48–55. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.7

13. Fahmi A.H. Interaction effect of potassium fertilizer, humic acid and irrigation intervals on growth and yield of wheat. Research on Crops. 2020. № 21/1. P. 31–35.

14. Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of wheat / S.S. Sethar et al. International Journal of Economic and Environmental Geology. 2024. No 15(3). P. 19–25. DOI: 10.46660/ijeeg.v15i3.378

15. Найдьонова О.Є. Застосування гумінового препарату Humin plus в органічному землеробстві. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. 2015. № 2. С. 39–50.

16. Khan R.U. Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. Journal of Plant Nutrition. 2018. Vol. 41. No 4. P. 453–460.

17. Ефективність гумінових стимуляторів за умови передпосівної обробки насіння зернових культур / М.М. Маренич та ін. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 3. С. 70–78. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.08

18. Сіроштан А.А., Заїма О.А., Кавунець В.П., Дубовик Д.Ю. Вплив протруйників із стимулятором росту і мікродобривом на посівні якості та врожайність пшениці озимої. Миронівський вісник. 2019. Т. 8. С. 63–67. DOI: 10.31073/mvis201909-09

19. Semenko L., Veremeyenko S., Bykin A., Kucher L. Effectiveness of plant growth stimulants for winter wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine Scientific Horizons. 2025. 28(3). P. 33–43. DOI: 10.48077/scihor3.2025.33

20. Ярчук І.І., Мельник Т.В., Моргун О.В. Вплив полікомпонентних ріст-регуляторів на зимостійкість і продуктивність пшениці твердої озимої. Зернові культури. 2020. Т. 4. № 2. С. 263–271. DOI: 10.31867/2523-4544/0134

21. An assessment of nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emissions from UK agriculture / T.H. Misselbrook et al. Environmental Research Letters. 2014. No 9 (11). 115006. DOI: 10.1088/1748-9326/9/11/115006

22. Бахмат М.І., Сендецький І.В., Козіна Т.В., Сендецький В.М. Вплив стимуляторів росту та норм висіву на формування врожаю ріпаку озимого в умовах Лісостепу Західного. Agrology. 2019. № 3. С. 189–193. DOI: 10.32819/019027

23. Optimization of factors of man aging productive processes of winter wheat in the Forest-steppe / M.M. Marenych et al. Agricultural Science and Practice. 2020. No 7(2). P. 44–54. DOI: 10.15407/agrisp7.02.044

24. 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.

25. Effects of humic acid and crop residues on soil and wheat nitrogen contents / K. Akhtar et al. American Journal of Plant Sciences. 2014. No 5 (09). P. 1277–1284. DOI: 10.4236/ajps.2014.59141

REFERENCES

1. Dubytska, A.O., Kachmar, O.I., Dubytskyi, O.L., Vavrynovych, O.V., Shcherba, M.M. (2024). Vplyv system udobrennia z vykorystanniam biostymuliatora ta humusnoho dobryva na vrozhainist i yakist zerna pshenytsi ozymoi [The effect of fertilization systems using biostimulants and humus fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain]. Peredhirske ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo [Foothill and mountain agriculture and animal breeding]. Issue 76 (1), pp. 16–25. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-2

2. Pyrih, H., Vitsentii, Kh. (2021). Suchasni tekhnolohii ekolohizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva [Modern technologies for greening agricultural production]. Vektory innovatsiinoho rozvytku osvity, nauky i biznesu v umovakh hlobalnykh zmin: materialy IX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Vectors of innovative development of education, science, and business in the context of global change: materials of the IX International scientific and practical conference]. Ternopil, pp. 84–87.

3. Shakalii, S.M., Shendetskyi, O.O., Plishenko, V.O. (2025). Vplyv poperednykiv ta stymuliatoriv rostu na urozhainist ta yakist sortiv ozymoi pshenytsi [The effect of precursors and growth stimulants on the yield and quality of winter wheat varieties]. Tavriiskyi naukovyi visnyk: Zemlerobstvo, roslynnytstvo, ovochivnytstvo i bashtannytstvo [Tavriya Scientific Bulletin: Agriculture, crop farming, vegetable growing, and melon growing]. no. 144, pp. 243–249. DOI: 10.32782/2226-0099.2025.144.31

4. Karabach, K.S. (2019). Urozhainist ta pokaznyky yakosti pshenytsi ozymoi zalezhno vid system osnovnoho obrobitku hruntu ta udobrennia [Yield and quality indicators of winter wheat depending on the main soil cultivation and fertilization systems]. Plant & Soil Science. Vol. 10, no. 3, 42 p.

5. Smetanko, O.V., Burykina, S.I., Kryvenko, A.I. (2018). Vplyv elementiv biolohizatsii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi na riznykh fonakh mineralnoho zhyvlennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [The influence of biological factors on winter wheat cultivation under different mineral nutrition conditions in the Southern Steppe of Ukraine]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 8 (785), pp. 33–37. DOI: 10.31073/agrovisnyk201808-05

6. Kudriavytska, A.M., Karabach, K.S. (2023). Vplyv dobryv na urozhainist ta pokaznyky yakosti zerna pshenytsi ozymoi [The effect of fertilizers on the yield and quality indicators of winter wheat grain]. SWorldJournal. Vol. 20, no. 1, pp. 148–150. DOI: 10.30888/2663-5712.2023-20-01-038

7. Holman, J.D., Obour, A.K., O'Brien, D. (2024). Historic winter wheat yield, production, and economic value trends in Kansas, the "Wheat State".

Crop Science. no. 64(2), pp. 925–941. DOI: 10.1002/csc2.21171

8. Raj, A.S., Siliveru, K., McLean (2023). Intensive management simultaneously reduces yield gaps andimproves milling and baking properties of bread wheat. Crop Science. Vol. 63(2), pp. 936–955. DOI: 10.1002/csc2.20906

9. Miroshnychenko, I.M. (2017). Zminy elementnoho skladu roslyn pshenytsi ozymoi za dii Mehafolu ta retardantiv [Changes in the elemental composition of winter wheat plants under the action of Megafol and retardants]. Regulatory Mechanisms in Biosystems. Vol. 3, no. 8, pp. 403–409.

10. Tiutiunnyk, N., Rohach, Yu., Pohromska, Ya. (2021). Efektyvnist stymuliatoru-adaptohenu humiam na posivakh pshenytsi ozymoi v umovakh Donechchyny [The effectiveness of the stimulant-adaptogen gumiam on winter wheat crops in the Donetsk region]. Innovatsiini tekhnolohii v ahrovyrobnytstvi ta pryrodokorystuvanni: problemy ta perspektyvy: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Innovative Technologies in Agricultural Production and Natural Resource Use: Problems and Prospects: materials from the All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference]. Shubkiv, pp. 43–44.

11. Korotkova, I.V., Karasenko, V.M. (2023). Vplyv system udobrennia z huminovym preparatom na vrozhainist ta prybutkovist vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi [The effect of fertilization systems with humic preparations on the yield and profitability of winter wheat cultivation]. Scientific-Progress & Innovations. Vol. 26, no. 3, pp. 17–21.

12. Korkhova, M.M., Nikonchuk, N.V. (2021). Adaptyvnyi potentsial novykh sortiv pshenytsi ozymoi v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy [Adaptive potential of new winter wheat varieties in the southern steppe of Ukraine]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavriya Scientific Bulletin]. no. 122, pp. 48–55. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.122.7

13. Fahmi, A.H. (2020). Interaction effect of potassium fertilizer, humic acid and irrigation intervals on growth and yield of wheat. Research on Crops. Vol. 21(1), pp. 31–35.

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

15. Naidonova, O.Ie. (2015). Zastosuvannia huminovoho preparatu Humin plus v orhanichnomu zemlerobstvo [The use of Humin plus humic acid preparation in oganic farming]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchaieva. Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo [Bulletin of V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University. Soil Science, agrochemistry, agriculture, forestry]. no. 2, pp. 39–50.

16. Khan, R.U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. Journal of Plant Nutrition. Vol. 41, no. 4, pp. 453–460.

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

18. Sirostan, A.A., Zaima, O.A., Kavunets, V.P., Dubovik, D.Yu. (2019). Vplyv protruinykiv iz stymuliatorom rostu i mikrodobryvom na posivni yakosti ta vrozhainist pshenytsi ozymoi [The effect of seed dressings with growth stimulants and microfertilizers on the sowing qualities and yield of winter wheat]. Myronivsky Visnyk [Myronivsky Bulletin]. no. 8, pp. 63–67. DOI: 10.31073/mvis201909-09

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

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

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

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

23. Marenych, M.M., Kaminsky, V.F., Bulygin, C.Yu., Hanhur, V.V., Korotkova, I.V., Yurchenko, S.O., Bahan, A.V., Taranenko, S.V. (2020). Optimization of factors of man aging productive processes of winter wheat in the Forest-steppe. Agricultural Science and Practice. no. 7(2), pp. 44–54. DOI: 10.15407/agrisp7.02.044

24. 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 Edelveis i K», 332 p.

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

Yield and winter wheat grain quality under the influence of humic acid-based growth stimulants at different levels of mineral nutrition in the Eastern Forest-Steppe region of Ukraine

Ivanov S., Rozhkov A.

The article presents the results of a two-year study on the effect of pre-sowing seed treatment and foliar application of growth stimulants based on humic substances under different nutrient conditions on the yield and quality of soft winter wheat of the Bogdana variety in the eastern Forest-Steppe zone of Ukraine.

The research was conducted in 2024 and 2025 within a grain–fallow–row crop rotation at the Department of Plant Production, located at the V.V. Dokuchaev Experimental Field of the State Biotechnological University.

The experiment was established using a split-plot design. The main plots (factor A) included two nutrient backgrounds: (1) control (no fertilizers) and (2) application of Makro-star complex fertilizer at a rate of $N_{15}P_{30}K_{20}$, combined with root fertilization after soil physical maturity using urea at a rate of N_{50}, and foliar feeding with urea at the BBCH 37 growth stage at a rate of N_{10}.

The subplots (factor B) included seven treatments involving the use of humic-based growth stimulants for pre-sowing seed treatment and foliar application at the BBCH 31 growth stage. The total plot area was 30 m², and the harvested area was 25 m².

Among the studied growth stimulants, the innovative product BlackJack demonstrated the highest efficiency in terms of its effect on grain yield. In the treatments involving seed treatment and foliar application of this product against the background of $N_{75}P_{30}K_{20}$, grain yield in 2024 and 2025 reached 4.58 and 6.30 t/ha, respectively, exceeding the control by 1.18 and 1.52 t/ha.

Pre-sowing seed treatment combined with foliar application of the growth stimulants Potassium Humate and Fulvihum under both nutrient backgrounds also resulted in significantly higher grain yields compared to the control; however, these values were significantly lower than those obtained with BlackJack. Therefore, when selecting humate-based growth stimulants for winter wheat cultivation, preference should be given to BlackJack.

Growth stimulants did not have a significant effect on grain protein content; thus, differences in protein yield per hectare were mainly due to variations in grain yield. The highest protein yield per hectare was obtained in the treatment combining pre-sowing seed treatment and foliar application at the BBCH 31 growth stage using BlackJack under $N_{75}P_{30}K_{20}$ fertilization – 0.664 t/ha in 2024 and 0.869 t/ha in 2025.

Key words: winter wheat, growth stimulants, mineral fertilizers, seed treatment, foliar application, yield, grain quality.

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

ORCID iD:
Іванов С.О. https://orcid.org/0009-0006-6411-8851
Рожков А.О. https://orcid.org/0000-0001-9138-7973

АГРОНОМІЯ

УДК 633.11“324”:631.16:338.43

Економічна ефективність вирощування пшениці озимої залежно від комплексу агротехнічних факторів

Кононюк Н.О.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Кононюк Н.О. E-mail: nadiyakononuk@ukr.net

Кононюк Н.О. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої залежно від комплексу агротехнічних факторів. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 48–55.

Kononiuk N. The economic efficiency of winter wheat cultivation depending on a complex of agrotechnical factors. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 48–55.

Рукопис отримано: 02.03.2026 р.
Прийнято: 17.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-48-55

ISSN 2310-9270

У статті представлено результати економічного аналізу вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) за п’ятирічний період досліджень (2020–2024 рр.) в умовах Правобережного Лісостепу України.

Метою дослідження було провести комплексний економічний аналіз ефективності вирощування пшениці озимої залежно від рівня удобрення, сорту, системи захисту рослин і ретардантів та обґрунтувати оптимальні варіанти технології для різних виробничих стратегій.

Факторіальний дослід (36 варіантів) включав три сорти (Легенда білоцерківська, Воздвиженка, Манера одеська), три рівні удобрення ($N_{60}P_{40}K_{40}$–$N_{180}P_{90}K_{90}$), дві системи захисту рослин (традиційний хімічний та біологічний) та два ретарданти (МОДДУС 250 ЕС та Квантум-Аквасил).

Визначено, що середня урожайність становила 7,06 т/га з варіюванням від 5,51 до 9,50 т/га. Зокрема сорт Легенда білоцерківська був лідером за економічною ефективністю (прибуток 36902 грн/га, рентабельність 101,3 %). Його перевага над іншими сортами становила 11–15 тис. грн/га. Усі п’ять відібраних нами найбільш ефективних варіантів включають сорт Легенда білоцерківська, що підтверджує вирішальну роль генотипу в економічному результаті. Абсолютним лідером за рентабельністю (118,0 %) є варіант із середнім удобренням, хімічним захистом та МОДДУС 250 ЕС (прибуток 42179 грн/га). Для господарств, орієнтованих на максимальний валовий прибуток з одиниці площі, оптимальним є варіант з максимальним удобренням (прибуток 48788 грн/га, урожайність 9,50 т/га, рентабельність 117,6 %).

Також досліджено, що для господарств з обмеженими ресурсами рекомендується: Легенда білоцерківська + мінімальне удобрення + хімічний захист + МОДДУС 250 ЕС, що забезпечує прибуток 28672 грн/га за найнижчих витрат (32400 грн/га) та рентабельності 88,5 %.

Оптимальна технологія для отримання максимальної рентабельності може бути сформована таким чином: Легенда білоцерківська + $N_{120}P_{60}K_{60}$ + хімічний захист + МОДДУС 250 ЕС (прибуток 42179 грн/га, рентабельність 118,0 %). Для максимального валового прибутку рекомендуємо той самий варіант із застосування удобрення $N_{180}P_{90}K_{90}$ (прибуток 48788 грн/га, урожайність 9,50 т/га).

Ключові слова: пшениця озима, економічна ефективність, рентабельність, собівартість, мінеральне удобрення, система захисту рослин, окупність інвестицій, факторіальний дослід.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є основною продовольчою культурою України, що забезпечує понад 40 % валового збору зернових і відіграє ключову роль у продовольчій безпеці країни [1]. За даними Держстату, у 2024 р. площі під пшеницею озимою становили близько 5,5 млн га із середньою урожайністю 4,3 т/га, що значно нижче потенціалу сучасних сортів. Підвищення ефективності виробництва зерна є стратегічним завданням, що набуває особливої гостроти в умовах зростання собівартості ресурсів та обмеженості бюджетів аграрних підприємств [2, 3].

Економічна ефективність виробництва зерна пшениці визначається складною взаємодією біологічних, технологічних та ринкових факторів. Серед технологічних чинників визначальне місце належить системі мінерального живлення, яка становить 25–40 % змінних витрат [4]. За даними Петриченка та Ліхочвора [5], собівартість виробництва 1 т зерна пшениці озимої в Лісостепу коливається від 3,5 до 6,0 тис. грн залежно від інтенсивності технології. Господаренко [6] зазначає, що за оптимальної системи удобрення окупність 1 кг діючої речовини добрив зерном пшениці становить 6–10 кг, тимчасом за надмірних доз вона знижується до 3–4 кг.

Залежність урожайності від рівня інвестицій у добрива має нелінійний прояв, що описується класичним законом спадної віддачі [7]. Це означає, що після досягнення певного порогу додаткові витрати не забезпечують пропорційного приросту врожаю, і граничний прибуток від кожної наступної одиниці добрив зменшується. Визначення цього порогу для конкретних ґрунтово-кліматичних умов та сортів є ключовим завданням оптимізації технології [8].

Вибір сорту є не менш вагомим економічним фактором, ніж рівень удобрення. Моргун та ін. [9] показали, що різниця у прибутковості між сортами пшениці озимої може досягати 10–15 тис. грн/га за однакових умов вирощування. Ця різниця зумовлена відмінностями не лише в урожайності, а також у якості зерна – вмісті білка та клейковини, від яких залежить клас якості та ціна реалізації [10]. За даними Жемели та Шевнікова [11], вміст білка в зерні пшениці коливається від 11 до 16 % залежно від генотипу та рівня азотного живлення, що при диференціації цін за класами суттєво впливає на виручку.

Фітосанітарний стан посівів безпосередньо впливає на економічний результат. За глобальними оцінками Savary та ін. [12], втрати врожаю пшениці від хвороб та шкідників становлять у середньому 21,5 % (діапазон 10,1–28,1 %). Система захисту рослин – хімічна чи біологічна – є важливою статтею витрат, ефективність якої залежить від рівня інфекційного навантаження конкретного року [13]. Застосування біопрепаратів на основі *Bacillus subtilis* (зокрема ТАЕГРО) як альтернативи хімічним фунгіцидам набуває поширення, проте їх порівняльна економічна ефективність потребує детального аналізу [14].

Ретарданти, окрім основної функції запобігання виляганню, опосередковано впливають на урожайність та якість зерна через покращення архітектоніки посіву та перерозподіл асимілятів на користь зерна [15]. Rademacher [16] підкреслює, що економічна ефективність ретардантів визначається не лише запобіганням прямим втратам від вилягання, а й покращенням якісних показників зерна.

Сучасний підхід до оцінки ефективності технологій передбачає не лише визначення валового прибутку та рентабельності, а й маржинальний аналіз – оцінку окупності кожної додаткової одиниці витрат [17]. Такий підхід дозволяє визначити оптимальну інтенсивність технології для різних виробничих стратегій: максимізації рентабельності, валового прибутку або мінімізації ризиків за обмежених ресурсів [18].

Важливим аспектом є також багаторічна стабільність економічних показників. Міжрічна варіабельність урожайності, зумовлена погодними коливаннями, суттєво впливає на ризикованість виробництва [19]. Використання середніх даних за п’ять і більше років дозволяє нівелювати вплив погодного фактора та отримати об’єктивну оцінку ефективності технології [20].

Незважаючи на значну кількість досліджень з окремих аспектів економіки вирощування пшениці, комплексна оцінка одночасного впливу чотирьох факторів (сорт, удобрення, захист, ретардант) у межах єдиного факторіального досліду із використанням маржинального аналізу для умов Правобережного Лісостепу залишається недостатньо висвітленою.

Метою дослідження було провести комплексний економічний аналіз ефективності вирощування пшениці озимої залежно від рівня удобрення, сорту, системи захисту рослин і ретардантів на основі п’ятирічних польових даних (2020–2024 рр.) та обґрунтувати оптимальні варіанти технології для різних виробничих стратегій.

Матеріал і методи досліджень. Економічну ефективність розраховано на основі середньої урожайності за 2020–2024 рр. та актуальних цін на ресурси і продукцію станом на 2025 р. Такий підхід нівелює вплив погодних коливань окремих років.

Польовий дослід проводили на базі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Правобережний Лісостеп, Київська обл.). Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий. Факторіальний дослід (36 варіантів, повторність чотириразова) включав: фактор А – сорт: Легенда білоцерківська, Манера одеська, Воздвиженка; фактор Б – удобрення: мінімальне ($N_{60}P_{40}K_{40}$), середнє ($N_{120}P_{60}K_{60}$), максимальне ($N_{180}P_{90}K_{90}$+мікроелементи); фактор В – захист: хімічний та біологічний (ТАЕГРО); фактор Г – ретардант: МОДДУС 250 ЕС та Квантум-Аквасил.

Ціну реалізації пшениці диференційовано за класами якості: 2 клас (білок ≥14,5 %, клейковина ≥28 %) – 9500 грн/т; 3 клас (білок 13,5–14,5 %, клейковина 25–28 %) – 9200 грн/т; 4 клас (білок 12–13,5 %, клейковина 23–25 %) – 8800 грн/т. Клас якості визначено на основі аналізів зразків зерна кожного варіанту.

Структура виробничих витрат подана в таблиці 1. Постійні витрати (насіння, обробіток ґрунту, сівба, збирання, транспортування, сушіння, накладні, оренда) становили 19350 грн/га для всіх варіантів. Змінні витрати включали добрива (5850–14950 грн/га), захист (5600–6200 грн/га) та ретарданти (650–1000 грн/га).

Для оцінки ефективності додаткових інвестицій використовували показник маржинальної окупності: відношення приросту прибутку до приросту витрат за переходу між суміжними рівнями удобрення. Значення >1 свідчить про економічну доцільність інтенсифікації.

Результати досліджень та обговорення. Середня урожайність пшениці озимої по досліду за 2020–2024 рр. становила 7,06 т/га з варіюванням від 5,51 до 9,50 т/га залежно від комплексу агротехнічних факторів. Собівартість 1 т зерна коливалася від 4220 до 5866 грн.

Рівень мінерального удобрення виявився ключовим фактором, що визначає як урожайність, так і економічну ефективність (табл. 2, рис. 1).

Підвищення удобрення від мінімального до максимального забезпечило зростання урожайності на 1,88 т/га (+31 %), проте додаткові витрати (+9087 грн/га) лише частково компенсувалися приростом виручки. Найвищу рентабельність (88,1 %) забезпечив середній рівень удобрення ($N_{120}P_{60}K_{60}$), що свідчить про оптимальне співвідношення витрат та результату. Максимальне удобрення, незважаючи на найвищий абсолютний прибуток (33768 грн/га), мало нижчу рентабельність (82,2 %) через ефект спадної віддачі від додаткових інвестицій у добрива (рис. 1б).

Таблиця 1 – **Структура виробничих витрат на вирощування пшениці озимої** (ціни 2025 р.)

Стаття витрат	Норма/обсяг	Вартість, грн/га
Постійні витрати		19350
Насіння	220 кг/га	3300
Обробіток ґрунту	оранка + культивації	3500
Сівба		800
Збирання врожаю	~7 т/га	2800
Транспортування	~7 т × 150 грн	1050
Сушіння та доробка	~7 т × 200 грн	1400
Накладні витрати		2500
Оренда землі		4000
Добрива (варіанти)		
Мінімальне ($N_{60}P_{40}K_{40}$)	нітроамофоска + селітра	5850
Середнє ($N_{120}P_{60}K_{60}$)	+ КАС + карбамід + мікро	9195
Максимальне ($N_{180}P_{90}K_{90}$)	повна система	14950
Захист рослин		
Хімічний захист	герб.+фунг.+інсект.	6200
Біологічний (ТАЕГРО)	біопрепарати	5600
Ретарданти		
МОДДУС 250 ЕС	0,4 л/га	1000
Квантум-Аквасил	1,0 л/га	650

Таблиця 2 – **Економічні показники вирощування пшениці озимої за рівнями удобрення**

Рівень удобрення	Урож., т/га	Витрати, грн/га	Виручка, грн/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Мінімальне (N_{60})	6,03	31988	53640	21652	67,7
Середнє (N_{120})	7,25	35320	66423	31103	88,1
Максимальне (N_{180})	7,91	41075	74843	33768	82,2
Приріст Мін→Макс	+1,88	+9087	+21203	+12116	+14,5

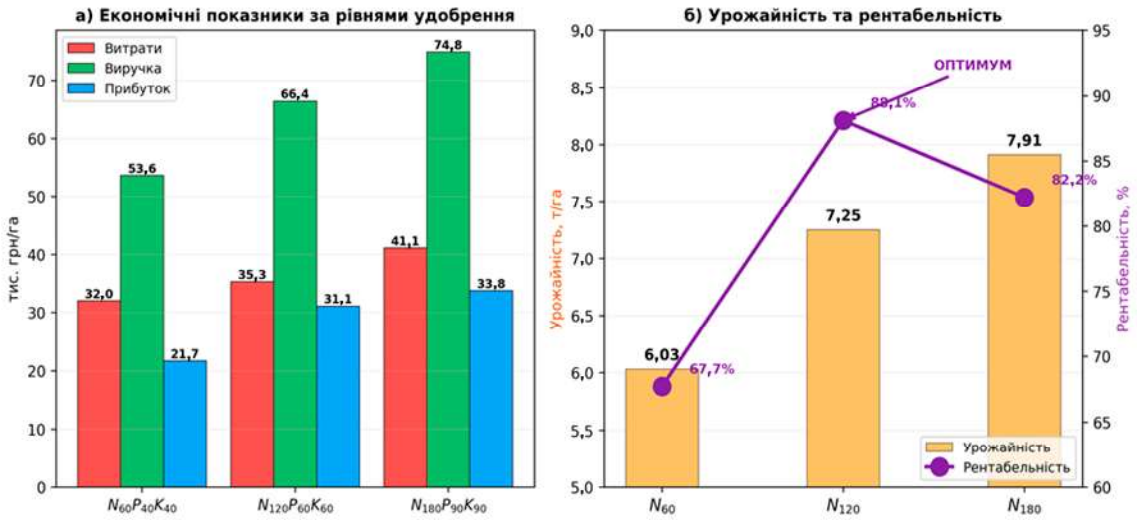


Рис. 1. **Економічні показники вирощування пшениці озимої за рівнями удобрення** (середнє за 2020–2024 рр.)**: а) структура витрат, виручки та прибутку; б) урожайність та рентабельність.**

Маржинальний аналіз окупності додаткових інвестицій (табл. 3) виявив принципові відмінності між сортами.

Перехід від мінімального до середнього удобрення є високоефективним для всіх сортів: кожна гривня додаткових витрат приносить 2,03–4,04 грн прибутку. Перехід від середнього до максимального економічно виправданий лише для сорту Легенда білоцерківська (1,15 грн/грн > 1,0), тимчасом для Воздвиженки (0,62) та Манери одеської (0,18) максимальне удобрення не окуповується.

Сортовий склад виявився другим за значимістю фактором впливу на економічний результат (табл. 4).

Таблиця 3 – **Окупність додаткових інвестицій в удобрення, грн прибутку на 1 грн витрат**

Сорт	Мін→Серед	Серед→Макс	Рекомендація
Легенда білоцерківська	4,04	1,15	Середнє/Макс
Воздвиженка	2,79	0,62	Середнє
Манера одеська	2,03	0,18	Середнє

Таблиця 4 – **Економічні показники за сортами пшениці озимої**

Сорт	Урож., т/га	Сер. клас	Виручка, грн/га	Прибуток, грн/га	Рент., %
Легенда білоцерківська	7,93	2–3	72975	36902	101,3
Воздвиженка	6,73	3–4	61709	25636	70,6
Манера одеська	6,53	3–4	58384	22311	61,7

Сорт Легенда білоцерківська є безумовним лідером: прибуток 36902 грн/га, рентабельність 101,3 %. Його перевага формується завдяки поєднанню найвищої урожайності (7,93 т/га) та кращої якості зерна (переважно 2–3 клас), що забезпечує вищу ціну реалізації. Перевага над іншими сортами становить 11–15 тис. грн/га прибутку, що є визначальним аргументом під час вибору сорту.

Хімічний захист забезпечував вищу ефективність порівняно з біологічним (табл. 5).

Додаткові витрати на хімічний захист (+600 грн/га) повністю компенсувалися приростом урожайності (+0,39 т/га) та покращенням якості зерна: прибуток більший на 3083 грн/га (+11,5 %). МОДДУС 250 ЕС є економічно вигіднішим за Квантум-Аквасил: приріст прибутку +1317 грн/га за додаткових витрат лише 350 грн/га.

Комплексний аналіз усіх 36 варіантів виявив п'ятірку найефективніших (табл. 6).

Усі п'ять найефективніших варіантів включають сорт Легенда білоцерківська, що підтверджує вирішальну роль генотипу в економічному результаті. Абсолютним лідером за рентабельністю (118,0 %) є варіант із середнім удобренням, хімічним захистом та МОДДУС 250 ЕС (прибуток 42179 грн/га). Для господарств, орієнтованих на максимальний валовий прибуток з одиниці площі, оптимальним є варіант з максимальним удобренням (прибуток 48788 грн/га, урожайність 9,50 т/га, рентабельність 117,6 %).

Для господарств з обмеженими ресурсами рекомендується: Легенда білоцерківська + мінімальне удобрення + хімічний захист + МОДДУС 250 ЕС, що забезпечує прибуток 28672 грн/га за найнижчих витрат (32400 грн/га) та рентабельності 88,5 %.

Таблиця 5 – **Економічні показники за системами захисту та ретардантами**

Фактор / Варіант	Урожайність, т/га	Витрати, грн/га	Прибуток, грн/га	Рент., %	Δ прибутку
Система захисту					
Хімічний	7,26	36373	29824	81,4	—
Біологічний (ТАЕГРО)	6,87	35773	26741	74,3	–3083
Ретарданти					
МОДДУС 250 ЕС	7,15	36248	28941	79,3	—
Квантум-Аквасил	6,98	35898	27624	76,4	–1317

Таблиця 6 – **Рейтинг варіантів технології за економічною ефективністю**

№	Сорт	Удобрення	Захист	Ретард.	Урож., т/га	Прибуток, грн/га	Рент., %
1	Легенда білоцерківська	Середнє	Хім.	МОД	8,47	42179	118,0
2	Легенда білоцерківська	Максимальне	Хім.	МОД	9,50	48788	117,6
3	Легенда білоцерківська	Середнє	Хім.	КВ	8,14	39475	111,5
4	Легенда білоцерківська	Середнє	Біо.	МОД	8,08	39154	111,4
5	Легенда білоцерківська	Максимальне	Хім.	КВ	9,11	45376	110,3

Примітка: Хім. – хімічний захист, Біо. – біологічний, МОД – МОДДУС 250 ЕС, КВ – Квантум-Аквасил.

Висновки. Найвищу рентабельність серед рівнів удобрення (88,1 %) забезпечує $N_{120}P_{60}K_{60}$. Перехід від N_{60} до N_{120} окуповується на рівні 2,0–4,0 грн/га, від N_{120} до N_{180} – лише для сорту Легенда білоцерківська (1,15 грн/га).

Сорт Легенда білоцерківська – безумовний лідер за економічною ефективністю (прибуток 36902 грн/га, рентабельність 101,3 %). Його перевага над іншими сортами – 11–15 тис. грн/га.

Хімічний захист забезпечує додатковий прибуток +3083 грн/га (+11,5 %) порівняно з біологічним. МОДДУС 250 ЕС вигідніший за Квантум-Аквасил на +1317 грн/га.

Оптимальна технологія для отримання максимальної рентабельності може бути сформована таким чином: Легенда білоцерківська + $N_{120}P_{60}K_{60}$ + хімічний захист + МОДДУС 250 ЕС (прибуток 42179 грн/га, рентабельність 118,0 %). Для максимального валового прибутку: той самий варіант з $N_{180}P_{90}K_{90}$ (прибуток 48788 грн/га, урожайність 9,50 т/га).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Держстат України. Рослинництво України 2024: статистичний збірник. Київ, 2025. 184 с.

2. Лупенко Ю.О., Месель-Веселяк В.Я. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року. Київ: ННЦ ІАЕ, 2012. 218 с.

3. Саблук П.Т. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві. Київ: ННЦ ІАЕ, 2008. 480 с.

4. Господаренко Г.М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.

5. Петриченко В.Ф., Ліхочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-те вид. Львів: НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.

6. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.

7. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств. 2-ге вид. Київ: КНЕУ, 2002. 624 с.

8. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 2-ге вид. Київ: Центр навч. л-ри, 2004. 808 с.

9. Моргун В.В., Санін Є.Ю., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту озимої пшениці. Київ: Логос, 2014. 360 с.

10. Швартау В.В., Михальська Л.М. Системний аналіз впливу агротехнологічних факторів на продуктивність пшениці озимої. Фізіологія рослин і генетика. 2020. Т. 52. № 3. С. 193–210.

11. Жемела Г.П., Шевніков М.Я. Продуктивність пшениці озимої залежно від попередників та удобрення. Зернові культури. 2019. Т. 3. № 1. С. 27–34. DOI: 10.31867/2523-4544/0062

12. The global burden of pathogens and pests on major food crops / S. Savary et al. Nature Ecology & Evolution. 2019. Vol. 3. No. 3. P. 430–439. DOI: 10.1038/s41559-018-0793-y

13. Трибель С.О., Гетьман М.В., Стригун О.О., Ковалишина Г.М. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ: Світ, 2010. 448 с.

14. Chen Z., Zhao J., Jiang X., Wang H. Biological control of wheat diseases with Bacillus subtilis. Crop Protection. 2020. Vol. 137. 105263. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105263

15. Господаренко Г.М., Лисянський О.Л., Любич В.В., Полянецька І.О. Сидеральна система удобрення пшениці м'якої озимої: монографія. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 216 с.

16. Rademacher W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. Journal of Plant Growth Regulation. 2015. Vol. 34. No. 4. P. 845–872. DOI: 10.1007/s00344-015-9541-6

17. Витвицький В.В., Авраменко О.І. Ефективність інвестицій в аграрному секторі. Київ: ННЦ ІАЕ, 2006. 258 с.

18. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases – a field perspective. Molecular Plant Pathology. 2018. Vol. 19. No 6. P. 1523–1536. DOI: 10.1111/mpp.12618

19. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з урахуванням зміни клімату. Київ: Ніка-Центр, 2014. 248 с.

20. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.

REFERENCES

1. Derzhstat Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Roslynnytstvo Ukrainy 2024: statystychnyi zbirnyk [Crop production of Ukraine 2024]. Kyiv, 2025, 184 p.

2. Lupenko, Yu.O., Mesel-Veseliak, V.Ya. (2012). Stratehichni napriamy rozvytku silskoho hospodarstva Ukrainy na period do 2020 roku [Strategic directions of agricultural development of Ukraine until 2020]. Kyiv, NNTs IAE, 218 p.

3. Sabluk, P.T. (2008). Tsinoutvorennia ta normatyvni vytraty v silskomu hospodarstvi [Pricing and normative costs in agriculture]. Kyiv, NNTs IAE, 480 p.

4. Hospodarenko, H.M. (2016). Udobrennia silskohospodarskykh kultur [Fertilization of agricultural crops]. Kyiv, LLC "SIC GROUP UKRAINE", 276 p.

5. Petrychenko, V.F., Likhochvor, V.V. (2020). Roslynnytstvo [Plant production]. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia polovykh kultur [New technologies of field crop cultivation]. Lviv, NFF "Ukrainian Technologies", 806 p.

6. Hospodarenko, H.M. (2018). Ahrokhimiia: pidruchnyk [Agrochemistry]. Kyiv LLC "SIC GROUP UKRAINE", 560 p.

7. Andriichuk, V.H. (2002). Ekonomika ahrarnykh pidpryiemstv [Economics of agricultural enterprises]. Kyiv, KNEU, 624 p.

8. Likhochvor, V.V. (2004). Roslynnytstvo [Plant production]. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Technologies of agricultural crop cultivation]. Kyiv, Center for the Study of Literature, 808 p.

9. Morhun, V.V., Sanin, Ye.Yu., Shvartau, V.V. (2014). Klub 100 tsentneriv [Club of 100 centners]. Suchasni sorty ta systemy zhyvlennia i zakhystu ozymoi pshenytsi [Modern varieties and systems of nutrition and protection of winter wheat]. Kyiv, Lohos, 360 p.

10. Shvartau, V.V., Mykhalska, L.M. (2020). Systemnyi analiz vplyvu ahrotekhnolohichnykh faktoriv na produktyvnist pshenytsi ozymoi [System analysis of the influence of agrotechnological factors on winter wheat productivity]. Fiziolohiia roslyn i henetyka [Plant Physiology and Genetics]. Vol. 52(3), pp. 193–210.

11. Zhemela, H.P., Shevnikov, M.Ya. (2019). Produktyvnist pshenytsi ozymoi zalezhno vid poperednykiv ta udobrennia [Productivity of winter wheat depending on predecessors and fertilization]. Zernovi kultury [Grain Crops]. Vol. 3(1), pp. 27–34. DOI: 10.31867/2523-4544/0062

12. Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S.J., Esker, P., McRoberts, N., Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. Nature Ecology & Evolution. Vol. 3(3), pp. 430–439. DOI: 10.1038/s41559-018-0793-y

13. Trybel, S.O., Hetman, M.V., Stryhun, O.O., Kovalyshyna, H.M. (2010). Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]. Kyiv, World, 448 p.

14. Chen, Z., Zhao, J., Jiang, X., Wang, H. (2020). Biological control of wheat diseases with Bacillus subtilis. Crop Protection. Vol. 137, 105263. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105263

15. Hospodarenko, H.M., Lysianskyi, O.L., Liubych, V.V., Polianetska, I.O. (2021). Syderalna systema udobrennia pshenytsi miakoi ozymoi [Green manure fertilization system for winter wheat]. Kyiv, LLC "TROPEA", 216 p.

16. Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. Journal of Plant Growth Regulation. Vol. 34(4), pp. 845–872. DOI: 10.1007/s00344-015-9541-6

17. Vytvytskyi, V.V., Avramenko, O.I. (2006). Efektyvnist investytsii v ahrarnomu sektori [Efficiency of investments in the agricultural sector]. Kyiv, NNTs IAE, 258 p.

18. Figueroa, M., Hammond-Kosack, K.E., Solomon, P.S. (2018). A review of wheat diseases – field perspective. Molecular Plant Pathology. Vol. 19(6), pp. 1523–1536. DOI: 10.1111/mpp.12618

19. Adamenko, T.I. (2014). Ahroklimatychne zonuvannia terytorii Ukrainy z urakhuvanniam zminy klimatu [Agroclimatic zoning of the territory of Ukraine considering climate change]. Kyiv, Nika-Tsentr, 248 p.

20. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P., Kostohryz, P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv, Dia, 288 p.

The economic efficiency of winter wheat cultivation depending on a complex of agrotechnical factors

Kononiuk N.

The article presents the results of an economic analysis of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation over a five-year period (2020–2024) under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The aim of the study was to conduct a comprehensive economic evaluation of winter wheat cultivation efficiency depending on fertilization level, variety, plant protection system, and the use of growth retardants, as well as to substantiate optimal technological options for different production strategies.

The factorial experiment (36 treatments) included three varieties (Legenda Bilotserkivska, Vozdvyzhenka, and Manera Odeska), three fertilization levels ($N_{60}P_{40}K_{40}$–$N_{180}P_{90}K_{90}$), two plant protection systems (conventional chemical and biological), and two growth retardants (Moddus 250 EC and Quantum-Aquasil).

The average yield was 7.06 t/ha, ranging from 5.51 to 9.50 t/ha. The variety Legenda Bilotserkivska showed the highest economic efficiency, with a profit of 36,902 UAH/ha and a profitability of 101.3 %. Its advantage over the other varieties amounted to 11–15 thousand UAH/ha. All five of the most efficient treatments identified in the study included this variety, confirming the decisive role of genotype in the economic outcome. The treatment with medium fertilization, chemical plant protection, and Moddus 250 EC demonstrated the highest profitability (118.0 %), with a profit of 42,179 UAH/ha.

For farms focused on maximizing gross profit per unit area, the optimal option is the treatment with the highest fertilization level, which ensured a profit of 48,788 UAH/ha, a yield of 9.50 t/ha, and a profitability of 117.6 %.

The study also showed that for farms with limited resources, the recommended technology is: Legenda Bilotserkivska + minimum fertilization + chemical protection + Moddus 250 EC, which provides a profit of 28,672 UAH/ha with the lowest production costs (32,400 UAH/ha) and a profitability of 88.5 %.

The optimal technology for achieving maximum profitability can be formulated as follows: Legenda Bilotserkivska + $N_{120}P_{60}K_{60}$ + chemical protection + Moddus 250 EC (profit of 42,179 UAH/ha; profitability of 118.0 %). For maximizing gross profit, the same technology is recommended with a fertilization level of $N_{180}P_{90}K_{90}$ (profit of 48,788 UAH/ha; yield of 9.50 t/ha).

Key words: winter wheat, economic efficiency, profitability, production cost, mineral fertilization, plant protection system, return on investment, factorial experiment.

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

ORCID iD:
Кононюк Н.О. https://orcid.org/0000-0002-5313-4999

АГРОНОМІЯ

UDC 631.525:632.951.1

Assessment of factors affecting the effectiveness of herbicides against *Heracleum sosnowskyi*

Korpita H., Shuvar I.

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv

Korpita H. E-mail: korpita@ukr.net

Корпіта Г.М., Шувар І.А. Оцінка факторів, які впливають на ефективність гербіцидів від *Heracleum sosnowskyi*. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 56–62.

Korpita H., Shuvar I. Assessment of factors affecting the effectiveness of herbicides against *Heracleum sosnowskyi*. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 56–62.

Рукопис отримано: 11.03.2026 р.
Прийнято: 26.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-56-62

ISSN 2310-9270

Heracleum sosnowskyi Manden is a highly toxic invasive plant of the *Apiaceae* family that spreads rapidly in the temperate climate of Europe and Asia, causing significant damage to biodiversity and ecosystem functioning. The aim of this research was to quantitatively assess the influence of key factors on the effectiveness of herbicidal control of *Heracleum sosnowskyi*, and to determine optimal timing and methods of treatment. Field studies were conducted during 2020–2025 in natural phytocoenoses of the Western Forest-Steppe of Ukraine on plots of 25 m² with three replicates. Three herbicidal treatments were studied: Slash (1.5 L/ha), Roundup Max (4.0 L/ha), and a tank mix of Elumis (2.0 L/ha) + Roundup Max (2.5 L/ha), compared to an untreated control. Results showed that herbicide effectiveness strongly depended on the plant developmental stage. Roundup Max achieved over 92 % plant mortality at the cotyledon stage, but only 39 % at the eight-leaf stage. Slash showed a similar trend with lower values, from 89.6 % to 36.7 %. The tank mix of Elumis + Roundup Max was the most effective, ranging from 98.3 % at the cotyledon stage to 58.9 % at eight leaves, providing prolonged suppression of growth and regenerative capacity. Morphometric analysis indicated that plant height, stem diameter, leaf area, and the number of regenerated shoots were lowest under the tank mix, and correlation analysis confirmed an inverse relationship between herbicide effectiveness and morphometric parameters ($r = -0.88–0.94$, $p \leq 0.05$). ANOVA showed that plant developmental stage accounted for 83.3 % of the variation in control effectiveness, herbicide type 15.1 %, and the stage × herbicide interaction only 1.6 %. These results highlight the critical importance of timely herbicide application at early growth stages and demonstrate the advantage of using tank mixes for maximal suppression of *Heracleum sosnowskyi* growth and regeneration, which is crucial for adaptive management of invasions and maintaining ecosystem stability.

Key words: *Heracleum sosnowskyi*, herbicidal control, effectiveness, morphometric parameters, plant developmental stage, invasive species.

Problem statement and analysis of recent research. *Heracleum sosnowskyi* Manden is a highly toxic invasive plant of the *Apiaceae* family, widely distributed in the temperate climates of Europe and Asia. Due to its ability to form dense monocultures and high reproductive capacity, this species significantly affects biodiversity and ecosystem functions. Its spread is associated with the displacement of native species and alterations in plant community structures in meadows, forest edges, and riparian landscapes, as well as disruption of soil trophic chains, as confirmed by numerous studies [1–2].

The invasion of *H. sosnowskyi* has both local and global significance. Across European and Asian territories, including Ukraine, regional control and monitoring programs combine biological, mechanical, and agrochemical management strategies [3–4]. Such an integrated approach is crucial for mitigating the species' negative impact on ecosystems, as it targets multiple stages of the plant's life cycle. The effectiveness of these measures largely depends on scientifically grounded recommendations regarding the optimal selection and application of herbicides under different environmental conditions [5].

The biological characteristics of *H. sosnowskyi* contribute to its high invasiveness: a single plant can produce up to 20,000 seeds, which remain viable in the soil for 10–15 years [6–7]. Young seedlings can germinate at low temperatures (1–2 °C), ensuring survival under various climatic conditions. Mechanical control methods, such as mowing or uprooting, have limited efficacy due to the plant's ability to regenerate from root fragments and seeds [8–9].

Chemical control using herbicides remains the most effective method to reduce *H. sosnowskyi* populations. Field studies have shown that granular and contact herbicides combined with adjuvants can achieve nearly 100 % mortality of young plants at early development stages (cotyledon phase), whereas their effectiveness decreases at the six-leaf stage and beyond [10–11]. Additionally, environmental conditions, particularly temperature and soil moisture, influence the rate of herbicide absorption through leaves and, consequently, plant mortality [12].

Recent studies also emphasize the allelopathic activity of *H. sosnowskyi*, which may affect the performance of crop species and the efficacy of herbicides. Aqueous extracts of the plant inhibit seed germination of flax, wheat, clover, and other species, demonstrating strong chemical effects on surrounding plants [13–14]. Soil microecosystem studies further indicate that *H. sosnowskyi* invasions alter soil nematode and microbial communities, potentially reducing the effectiveness of chemical treatments [15]. These findings highlight the necessity of an integrated approach that considers biological, ecological, and agrochemical factors to optimize herbicide application.

In Ukraine, *H. sosnowskyi* is also expanding, particularly in the Forest-Steppe and Polissya regions, where national control programs involve combined mechanical and chemical methods [16–17]. However, scientifically substantiated recommendations for controlling this species are currently insufficient. To enhance control effectiveness, strategies should be multidisciplinary and adaptive, including regular population monitoring, planning herbicide application, and assessing ecological impacts.

The aim of the research was to quantitatively evaluate the influence of key factors-developmental stage of *H. sosnowskyi*, type and dose of herbicide-on control effectiveness and to develop practical recommendations for optimizing invasive species management measures.

Material and methods of research. The study was conducted during 2020–2025 in natural phytocoenoses of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The object of investigation was *Heracleum sosnowskyi*. Field observations were carried out on plots with relatively homogeneous vegetation cover, which ensured the accuracy and comparability of the obtained results.

The experimental site was characterized by dark gray podzolized light loamy soil. The humus content in the topsoil layer ranged from 2.2 % to 3.6 %, and at a depth of 50 cm it was approximately 1.5 %. The soil solution exhibited slightly acidic reaction (pH 6.2, salt extract). Soil nutrient levels were as follows: available phosphorus – 91 mg/kg, exchangeable potassium – 112 mg/kg, and easily hydrolysable nitrogen – 48 mg/kg.

The experiment included four variants: a control without herbicide application and three herbicide treatment variants (Table 1).

Table 1 – **Herbicides, application rates and active ingredients used in the experiment**

Variant	Herbicide	Application rate	Active ingredient
I	Control (without herbicide application)		
II	Slash	1.5 L/ha	5 g/L Halauxifen-methyl; 120 g/L clopyralid
III	Elumis + Roundup Max	2.0 L/ha + 2.5 L/ha	30 g/L nicosulfuron; 75 g/L mesotrione + 450 g/L glyphosate (acid equivalent)
IV	Roundup Max	4.0 L/ha	450 g/L glyphosate (acid equivalent); 551 g/L as potassium salt of glyphosate

The experiment was established in a threefold repetition using a randomized block design on monitoring plots of 25 m². Herbicide applications were carried out using a laboratory boom-slit sprayer mounted on wheels, equipped with a pressure regulator, maintaining a constant working pressure of 2.1 atm. Treatments were performed under favorable meteorological conditions: air temperature around 18 °C and wind speed not exceeding 4 m/s, ensuring uniform application of the working solution. The application volume was 200 L/ha. Working solutions were prepared immediately before use, and the sprayer was thoroughly rinsed before each subsequent application to prevent the influence of residues from previous treatments.

Herbicides were applied at different developmental stages of *Heracleum sosnowskyi*, including the cotyledon stage, as well as during the formation of 2, 4, 6, and 8 true leaves, which allowed evaluation of herbicide efficacy depending on the ontogenetic state of the plants.

Herbicide efficacy was assessed 30 days after application using a visual scale from 0 to 100 %, where 0 % corresponded to no effect and 100 % indicated complete destruction or full suppression of *Heracleum sosnowskyi* plants.

Morphometric analysis was conducted to quantitatively evaluate the biological effectiveness of chemical control. During the study, plant height, stem diameter at the base, leaf area (calculated from linear leaf measurements), and the number of regenerated shoots after treatment were measured. Measurements were taken on fixed monitoring plots at 7, 14, 21, and 30 days after herbicide application. The obtained data were used for comparative analysis between the control and treated variants. Morphometric parameters allowed an objective assessment of the degree of growth suppression, structural disruption, and regenerative capacity of the plants after chemical exposure.

Statistical analysis of the results was performed using analysis of variance (ANOVA) to assess differences between treatments and determine herbicide efficacy. Additionally, the Student's t-test was applied to compare mean values between individual variants. All calculations were performed using statistical software, ensuring accuracy and reliability of the experimental results.

Research results and discussion. During the study period, the efficacy of herbicides against *Heracleum sosnowskyi* varied depending on the plant's developmental stage. In the control variant without herbicide application, no inhibitory effect was observed, indicating the natural resilience of the plants and the absence of external factors capable of reducing their viability.

Application of Roundup Max at the cotyledon stage resulted in a high level of efficacy (over 90 %), but efficacy gradually decreased with the increase in leaf number, reaching only 39 % at the eight-leaf stage. A similar trend was observed for Slash, which also demonstrated high efficacy at early developmental stages, though its performance at later stages was lower compared to Roundup Max.

The most pronounced and stable effect was observed with the combined application of Elumis and Roundup Max. At the early stages of plant development, efficacy exceeded 95 %, and remained high at later stages (over 58 % at the eight-leaf stage), indicating that this combination can provide prolonged growth suppression and reduce the regenerative capacity of *Heracleum sosnowskyi*.

The results clearly demonstrate a differentiation in herbicide action depending on the plant's developmental stage. Maximum efficacy was achieved at early stages, when plants are most sensitive to chemical treatment. The combined application of herbicides ensured not only rapid suppression of active shoots but also a prolonged effect during later growth stages, whereas individual herbicides were mostly effective only at early phases. Statistical analysis using ANOVA followed by Tukey's post hoc test confirmed the significance of differences among treatment variants at all stages of plant development (Table 2).

During the growing season, a clear differentiation in the impact of the studied herbicides on the morphometric parameters of *Heracleum sosnowskyi* was observed. At the initial observation stage (7th day), no significant differences between the treatments were detected for most parameters, indicating a relatively slow manifestation of phytotoxic effects in the early period after application. A slight reduction in leaf area was noted in the herbicide-treated variants, but this trend was not accompanied by significant changes in other morphological traits.

Starting from the 14th day, the effect of the herbicides became more pronounced, which was reflected in a significant reduction in plant height, stem diameter, and leaf area compared to the control. The strongest growth suppression was observed in the variant treated with the tank mixture of Elumis and Roundup Max, where all measured parameters were minimal. Application of Roundup Max alone provided noticeable, but less intensive, growth suppression, while Slash demonstrated the lowest efficacy among the tested herbicides.

Table 2 – **Efficacy of herbicides against *Heracleum sosnowskyi* plants depending on their developmental stage,** % (average for 2020–2025)

Herbicide and rate	Cotyledons	2 leaves	4 leaves	6 leaves	8 leaves
Control (no herbicide)	–	–	–	–	–
Roundup Max RK, 4.0 L/ha	92.5 ± 2.1 a	84.3 ± 3.2 a	71.8 ± 4.1 a	56.4 ± 4.5 a	39.2 ± 3.8 a
Slash KE, 4.0 L/ha	89.6 ± 2.4 a	82.1 ± 3.7 a	65.4 ± 4.3 b	51.0 ± 4.6 b	36.7 ± 3.6 b
Elumis OD 3.0 L/ha + Roundup Max RK 2.0 L/ha	98.3 ± 1.0 b	95.7 ± 1.5 b	87.6 ± 2.7 c	72.5 ± 3.4 c	58.9 ± 3.1 c

Note: Data are presented as mean ± standard deviation (M ± SD, n = 3). Different letters within a column indicate statistically significant differences between treatments according to ANOVA followed by Tukey's post hoc test ($p \leq 0.05$).

By the 21st and 30th days, the trend of reduced morphometric parameters intensified, indicating the prolonged effect of the herbicides. During this period, a clear statistically significant ranking of treatment efficacy was observed: control plants exhibited the highest values of height, stem diameter, and leaf area, whereas the tank mixture variant had the lowest values. A similar pattern was observed for the number of regenerated shoots, reflecting the suppression of the regenerative capacity of *Heracleum sosnowskyi* under herbicide influence (Table 3).

Thus, the results of the study indicate the high effectiveness of applying a tank mixture of Elumis combined with Roundup Max, which provides the most intensive suppression of growth and development of *Heracleum sosnowskyi*, whereas the use of individual herbicides exhibits a less pronounced effect.

To assess the relationship between herbicide efficacy and the morphometric parameters of *Heracleum sosnowskyi*, a correlation analysis was conducted. Statistically significant negative correlations ($p \leq 0.05$) were found between herbicide efficacy and plant height ($r = -0.91$), stem diameter ($r = -0.88$), leaf area ($r = -0.94$), and the number of regenerated shoots ($r = -0.92$). This indicates that increased herbicide efficacy directly reduces plant growth and regenerative capacity, which is important for practical management of *Heracleum sosnowskyi* invasion (Table 4).

Table 3 – **Morphometric parameters of *Heracleum sosnowskyi***

Treatment	Day	Height (cm)	Stem diameter (cm)	Leaf area (cm²)	Regenerated shoots
Control	7	25 ± 2 a	1.5 ± 0.2 a	180 ± 20 a	0.5 ± 0.1 a
	14	45 ± 4 a	2.5 ± 0.3 a	350 ± 35 a	1.0 ± 0.2 a
	21	65 ± 5 a	3.8 ± 0.4 a	600 ± 55 a	1.8 ± 0.3 a
	30	90 ± 7 a	5.0 ± 0.5 a	900 ± 80 a	2.8 ± 0.4 a
Roundup Max RK, 4.0 L/ha	7	24 ± 2 a	1.5 ± 0.2 a	170 ± 18 b	0.45 ± 0.1 a
	14	36 ± 3 b	2.0 ± 0.3 b	250 ± 28 b	0.65 ± 0.1 b
	21	42 ± 4 b	2.3 ± 0.3 b	280 ± 32 b	0.75 ± 0.2 b
	30	48 ± 4 b	2.7 ± 0.3 b	320 ± 35 b	0.85 ± 0.2 b
Slash KE, 1.5 L/ha	7	23 ± 2 a	1.4 ± 0.2 a	160 ± 18 bc	0.4 ± 0.1 a
	14	30 ± 3 c	1.8 ± 0.2 c	220 ± 25 c	0.6 ± 0.2 bc
	21	35 ± 4 c	2.1 ± 0.3 c	260 ± 30 c	0.7 ± 0.2 c
	30	40 ± 4 c	2.4 ± 0.3 c	300 ± 35 c	0.8 ± 0.2 c
Elumis OD, 2.0 L/ha + Roundup Max RK, 2.5 L/ha	7	22 ± 2 a	1.3 ± 0.2 a	150 ± 18 c	0.3 ± 0.1 a
	14	20 ± 2 d	1.2 ± 0.2 d	135 ± 16 d	0.26 ± 0.1 c
	21	17 ± 2 d	1.0 ± 0.1 d	115 ± 14 d	0.22 ± 0.1 d
	30	14 ± 2 d	0.8 ± 0.1 d	90 ± 12 d	0.2 ± 0.1 d

Note: Data are presented as mean ± standard deviation (M ± SD, n = 3). Different letters within a column indicate statistically significant differences between treatments according to ANOVA followed by Tukey's post hoc test ($p \leq 0.05$).

Table 4 – **Correlation coefficients between herbicide efficacy and morphometric parameters of *Heracleum sosnowskyi***

Morphometric parameter	Correlation coefficient r	Significance (p)
Plant height	–0.91	≤ 0.05
Stem diameter	–0.88	≤ 0.05
Leaf area	–0.94	≤ 0.05
Number of shoots	–0.92	≤ 0.05

The analysis shows that the reduction in plant morphometric parameters directly reflects the increase in herbicide efficacy, emphasizing the importance of early and combined application of the treatments.

Statistical analysis (ANOVA) indicated that the effectiveness of herbicide control of *Heracleum sosnowskyi* largely depends on the plant's developmental stage. The contribution of this factor accounted for 83.3 %, highlighting its dominant role in determining treatment outcomes. The type of herbicide had a smaller but still significant effect at 15.1 %, whereas the interaction between developmental stage × herbicide type had minimal impact on efficacy (1.6 %) (Table 5).

factor determining the effectiveness of herbicide control. The highest level of plant mortality was observed at early developmental stages (cotyledon phase), whereas at later stages, the effectiveness of individual herbicides significantly decreased. This is further confirmed by the high inverse correlation coefficients between herbicide efficacy and plant morphometric parameters, demonstrating a direct link between growth suppression and reduced regenerative capacity. Therefore, timely application of herbicides is critical for achieving maximum control, preventing mass population regeneration, and reducing the risk of further spread.

The combined application of the tank mixture (Elumis 2.0 L/ha + Roundup Max 2.5 L/ha) showed the highest effectiveness throughout all developmental stages, ensuring not only rapid suppression of active shoots but also prolonged effects on plant morphometric parameters. This confirms the practical value of using tank mixtures for comprehensive control of invasive species, particularly in cases of high population density. The findings are consistent with international observations regarding the impact of combined chemical measures on invasive species [18–20] and highlight the need for an adaptive approach that takes into account the biological characteristics of the plant and the specific ecosystem conditions.

Table 5 – **Contribution of factors to the effectiveness of herbicide control of *Heracleum sosnowskyi***

Source of variation	df	SS	MS	F	Contribution, %
Developmental stage	4	5705.6	1426.4	85.2	83.3
Herbicide type	2	1032.5	516.3	30.9	15.1
Stage × herbicide	8	112.0	14.0	0.84	1.6
Error	0	–	–	–	–
Total	14	6850.1	–	–	100

These results confirm the experimental observations: the highest herbicide effectiveness is achieved at early plant developmental stages and decreases later, regardless of the specific herbicide used. This differentiation provides a basis for determining optimal treatment timing and selecting appropriate herbicides.

Thus, the results indicate that the developmental stage of *Heracleum sosnowskyi* is the key

Conclusions. The conducted study demonstrated that the effectiveness of herbicide control of *Heracleum sosnowskyi* largely depends on the developmental stage of the plants. Early stages, particularly the cotyledon phase, were the most sensitive to chemical treatment, whereas at later stages, the efficacy of individual herbicides significantly decreased. The use of a tank mixture of Elumis combined with Roundup Max pro-

vided the most intensive suppression of plant growth and development across all stages, substantially reducing plant height, stem diameter, leaf area, and the number of regenerated shoots. This highlights the practical value of a combined approach for prolonged control of invasive populations, as it simultaneously suppresses active growth and regenerative capacity.

Statistical analysis confirmed that the developmental stage is the primary factor determining herbicide effectiveness, while the type of herbicide applied has a smaller, but still significant, influence. The interaction between stage and herbicide type had minimal effect, emphasizing the importance of timely application to achieve maximum efficacy.

The results of this study open several avenues for further research on the management of *Heracleum sosnowskyi* invasion. It is advisable to investigate the interaction of different herbicide types in combination with mechanical control methods, which would allow the development of integrated population management strategies. Additionally, evaluating the long-term effects of combined herbicide treatments on population regeneration and seed dispersal of *H. sosnowskyi* will help design scientifically grounded regional control programs, reducing the negative impact of this invasion on biodiversity and ecosystem functions.

REFERENCES

1. Judžentienė, A., Kundrotaitė, A., Charkova, T., Nedveckytė, I. (2026). Phytochemistry and allelopathic properties of invasive *Heracleum sosnowskyi* aqueous extracts against lettuce (*Lactuca sativa* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), timothy (*Phleum pratense* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). Plants. Vol. 15, 346 p. DOI: 10.3390/plants15030346

2. Sužiedelytė Visockienė, J., Tumelienė, E., Malienė, V. (2020). Identification of *Heracleum sosnowskyi*-invaded land using earth remote sensing data. Sustainability. Vol. 12, 759 p. DOI: 10.3390/su12030759

3. Gubar, L., Koniakin, S. (2021). Populations of *Heracleum sosnowskyi* and *H. mantegazzianum* (Apiaceae) in Kyiv (Ukraine). Folia Oecologica. Vol. 48, pp. 215–228. DOI: 10.2478/foecol-2021-0022

4. Grzędzicka, E. (2022). Invasion of the giant hogweed and the Sosnowsky's hogweed as a multidisciplinary problem with unknown future – A review. Earth. Vol. 3, pp. 287–312. DOI: 10.3390/earth3010018

5. Kalisz, S., Kivlin, S.N., Bialic-Murphy, L. (2021). Allelopathy is pervasive in invasive plants. Biological Invasions. Vol. 23, pp. 367–371. DOI: 10.1007/s10530-020-02383-6

6. Renčo, M., Kornobis, F., Domaradzki, K., Jakubska-Busse, A., Jurová, J., Homolová, Z. (2019). How does an invasive *Heracleum sosnowskyi* affect soil nematode communities in natural conditions? Nematology. Vol. 21, pp. 71–89. DOI: 10.1163/15685411-00003196

7. Macías, F.A., Durán, A.G., Molinillo, J.M.G. (2020). Allelopathy: the chemical language of plants. Progress in the Chemistry of Organic Natural Products. Vol. 112, pp. 1–84. DOI: 10.1007/978-3-030-52966-6_1

8. Čerevková, A., Sarabeev, V., Renčo, M. (2024). Dataset on soil nematode abundance and composition from invaded and non-invaded grassland and forest ecosystems in Europe. Data in Brief. Vol. 57, 111098 p. DOI: 10.1016/j.dib.2024.111098

9. Vickackaite, V., Pilaityte, K., Poskus, V. (2025). Extraction, isolation, and purification of furanocoumarins from invasive *Heracleum sosnowskyi*. Separations. Vol. 12, 175 p. DOI: 10.3390/separations12070175

10. Rysiak, A., Dresler, S., Hanaka, A., Hawrylak-Nowak, B., Strzemski, M., Kováčik, J., Sowa, I., Latalski, M., Wójciak, M. (2021). High temperature alters secondary metabolites and photosynthetic efficiency in *Heracleum sosnowskyi*. International Journal of Molecular Sciences. Vol. 22, 4756 p. DOI: 10.3390/ijms22094756

11. Mahendra, C.K., Tan, L.T.H., Lee, W.L., Yap, W.H., Pusparajah, P., Low, L.E., Tang, S.Y., Chan, K.G., Lee, L.H., Goh, B.H. (2020). Angelicin – A furocoumarin compound with vast biological potential. Frontiers in Pharmacology. Vol. 11, 366 p. DOI: 10.3389/fphar.2020.00366

12. Hpoo, M.K., Mishyna, M., Prokhorov, V., Arie, T., Takano, A., Oikawa, Y., Fujii, Y. (2020). Potential of octanol and octanal from *Heracleum sosnowskyi* fruits for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Sustainability. Vol. 12, 9334 p. DOI: 10.3390/su12229334

13. Borska, E., Kviesis, J., Ramata-Stunda, A., Nikolajeva, V., Ansone-Bertina, L., Boroduskis, M., Klavins, M. (2025). Bioactive lipids and allelopathic potential of the invasive plant *Heracleum sosnowskyi*: insights into its fatty acid composition, antimicrobial and cytotoxic effects. Frontiers in Pharmacology. Vol. 16, 1582694 p. DOI: 10.3389/fphar.2025.1582694

14. Gioria, M., Hulme, P.E., Richardson, D.M., Pyšek, P. (2023). Why are invasive plants successful? Annual Review of Plant Biology. Vol. 74 (1), pp. 635–670. DOI: 10.1146/annurev-arplant-070522-071021

15. Kaymak, H.Ç., Akan, S., Karakan, F.Y. (2022). Pathway among fatty acid profile, seed germination, and vigor of watermelon cultivars. Emirates Journal of Food and Agriculture. DOI: 10.9755/ejfa.2022.v34.i6.2877

16. Tkalich, Y., Kolesnykova, K., Nazarenko, M. (2023). Effectiveness of herbicides and plant growth regulators in corn crops. Agrology. Vol. 5 (3), pp. 97–103.

17. Goncharenko, I., Koniakin, S., Leshcheniuk, O. (2024). Giant hogweeds (*Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*) in Ukraine: distribution, ecological and coenotical features. Folia Oecologica. Vol. 51, pp. 93–107. DOI: 10.2478/foecol-2024-0010

18. Purmalis, O., Klavins, L., Niedrite, E., Mezulis, M., Klavins, M. (2025). Invasive plants as a source of polyphenols with high radical scavenging activity. Plants. Vol. 14 (3), 467 p. DOI: 10.3390/plants14030467

19. Jodaugienė, D., Marcinkevičienė, A., Sinkevičienė, A. (2018). Control of *Heracleum sosnowskyi* in Lithuania. Julius-Kühn-Archiv. DOI: 10.5073/jka.2018.458.039

20. Harvey, J.A., Ode, P.J., Gols, R., Ali, J. (2020). Population and species-based variation of webworm-parasitoid interactions in hogweeds (*Heracleum* spp.) in the Netherlands. Environmental Entomology. no. 49, pp. 924–930. DOI: 10.1093/ee/nvaa052

Оцінка факторів, які впливають на ефективність гербіцидів від *Heracleum sosnowskyi*

Корпіта Г.М., Шувар І.А.

Борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden) є високотоксичною інвазійною рослиною родини *Apiaceae*, що активно поширюється у помірному кліматі Європи та Азії, завдаючи значної шкоди біорізноманіттю та функціонуванню екосистем. Метою дослідження було кількісно оцінити вплив ключових факторів на ефективність гербіцидного контролю борщівника Сосновського та визначити оптимальні строки і методи обробки. Польові дослідження виконано впродовж 2020–2025 рр. у природних фітоценозах Західного Лісостепу України на ділянках площею 25 м² із триразовою повторністю. Вивчали три варіанти хімічного контролю: Slash (1,5 л/га), Roundup Max (4,0 л/га) та бакова суміш Elumis (2,0 л/га) + Roundup Max (2,5 л/га), порівняно з контролем без гербіцидів. Результати показали, що ефективність гербіцидів суттєво залежала від фази розвитку рослин. Roundup Max забезпечував понад 92 % загибелі рослин у фазу сім'ядолі, але лише 39 % у фазу восьми листків. Slash показав аналогічну тенденцію, але з нижчими показниками – від 89,6 до 36,7 %. Комбіноване застосування бакової суміші Elumis + Roundup Max було найефективнішим: від 98,3 % у фазу сім'ядолі до 58,9 % у фазу восьми листків, забезпечуючи тривалий контроль росту та регенераційної здатності рослин. Морфометричний аналіз показав, що висота, діаметр стебла, площа листків та кількість відновлених пагонів найменші при застосуванні бакової суміші, а кореляційний аналіз підтвердив обернений зв'язок між ефективністю гербіцидів та морфометричними параметрами ($r = –0,88–0,94$, $p \leq 0,05$). Дисперсійний аналіз (ANOVA) показав, що фаза розвитку рослин визначає 83,3 % варіації ефективності контролю, тип гербіциду – 15,1 %, а взаємодія фаза × тип гербіциду – лише 1,6 %. Результати підкреслюють критичну важливість своєчасного внесення гербіцидів на ранніх стадіях росту та доцільність використання комбінованих бакових сумішей для максимального пригнічення росту і регенерації борщівника Сосновського, що має практичне значення для адаптивного управління інвазією та збереження екологічної стабільності екосистем.

Ключові слова: *Heracleum sosnowskyi*, гербіцидний контроль, ефективність, морфометричні показники, фаза розвитку рослин, інвазійні види.

Copyright: Korpita H., Shuvar I. © 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:
Korpita H. https://orcid.org/0000-0002-0908-0129
Shuvar I. https://orcid.org/0000-0002-4149-1761

АГРОНОМІЯ

УДК 631.524.02:635.262"324"(477.4)

Вплив погодних умов Правобережного Лісостепу України на господарсько цінні ознаки часнику озимого

Кубрак С.М., Сич З.Д.

Білоцерківський національний аграрний університет

Кубрак С.М. E-mail: kubraksweta@ukr.net

Кубрак С.М., Сич З.Д. Вплив погодних умов Правобережного Лісостепу України на господарсько цінні ознаки часнику озимого. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 63–71.

Kubrak S., Sych Z. The effect of weather conditions in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on economically valuable characteristics of winter garlic. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 63–71.

Рукопис отримано: 06.03.2026 р.
Прийнято: 23.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-63-71

ISSN 2310-9270

Метою досліджень 2022–2025 рр. було передбачено виділити цінні сорти, клони та місцеві форми часнику озимого за тривалістю вегетаційного періоду, масою головки і кількістю зубків, урожайністю та товарністю за посушливих умов у Правобережному Лісостепу України. У результаті проведеної роботи встановлено, що місцева форма 8, походженням із Запорізької області характеризувалася найкоротшим вегетаційним періодом – 104 доби. Найбільші головки формувалися у місцевої форми 9 (63 г) із Запорізької області. Найвищу врожайність зафіксували на рослинах зразка 9 (Запорізька обл.) – 13,4 т/га. У контролю Ірен цей показник становив 11,8 т/га. Найнижчу урожайність головок відмічали у місцевої форми часнику озимого 13 (Черкаська обл.) – 7,1 т/га. Найбільша частка товарних головок спостерігалася за вирощування варіантів 6 (Дніпропетровська обл.), 8 (Запорізька обл.) та 9 (Запорізька обл.). Найкраще адаптувався до чинників навколишнього середовища Правобережного Лісостепу України зразок, завезений із Київської області – 1. Коефіцієнт стабільності Левіса у нього становив 1,3. Найбільше реагували на фактори навколишнього середовища Правобережного Лісостепу України зразки 10 (Чернігівська обл.), 14 (Черкаська обл.) та 6 (Дніпропетровська обл.). Показник Левіса у них дорівнював 1,7.

У процесі досліджень, проведених у 2022–2025 рр., було визначено місцеві форми часнику озимого з різними характеристиками. Найбільш скоростиглим виявився варіант 8 із Запорізької області, який дозріває за 104 доби. Зразок 9, також із Запорізької області, продемонстрував найкращі результати за середньою масою головки (63 г) та врожайністю (13,4 т/га) за товарності 76 %. Найменше зубків у головці (5 шт.) було сформовано у місцевих форм 2 (Київська обл.), 4 (Кіровоградська обл.), 11 (Чернігівська обл.) та 13 і 14 (Черкаська обл.). Натомість найбільша кількість зубків зафіксована у головках варіантів 10 із Чернігівської області та 12 із Житомирської області – відповідно 10 та 8 штук.

Ключові слова: часник озимий, сорт, місцева форма, опади, температура повітря, урожайність, маса головки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В Україні за останні десять років спостерігається стрімкий розвиток часниківництва. Часник озимий завдяки лікувально-профілактичним властивостям та високим економічним показникам користується великим попитом. Однак, через специфіку культури, урожайність його невисока та становить близько 7–9 т/га [25, 26]. Він є потужним природним антиоксидантом і антисептиком, що зміцнює імунітет, знижує рівень «поганого» холестерину, нормалізує артеріальний тиск, захищає серцево-судинну систему, а також лікує рак [16, 17, 27].

Особливістю є те, що він не витримує надлишкову вологість ґрунту та надмірно холодні зими [2, 3, 5]. У зв'язку з цим ймовірність вимокання та вимерзання часнику озимого є дуже високою. Дефіцит високоврожайних та стабільних сортів залишається основним чинником низької продуктивності та виробництва часнику в країні. Зокрема, у Держреєстрі України кількість сортів лишається незначною – в 2023 і 2024 рр. – 21, у 2025 р. – 19 назв [18–21].

Покрити дефіцит продукції часнику озимого можна завдяки впровадженню у виробництво українських адаптованих місцевих форм та клонів, які з успіхом вирощують і реалізують фермери із різних регіонів України. Кожна місцева форма часнику має широкий спектр генетичного різноманіття, залежно від типу ґрунту, вологості, широти, висоти та технології вирощування. Навіть один зразок часнику, залежно від факторів навколишнього середовища, матиме багато фенотипових варіантів [4, 8, 11]. Природні варіації мають економічне значення та говорять про можливість їх покращення [7]. Однак, такі зразки маловивчені, а їх впровадження у виробництво потребує додаткових досліджень.

Відомо, що сорти часнику озимого реагують на умови середовища і формують урожай різної кількості та якості [1, 6, 13]. Деякі сорти, місцеві форми та клони гинуть, не витримуючи холодних зим та перезволоження. Водночас існують такі, що демонструють високу здатність виживання в несприятливих умовах середовища [12, 14]. Тому значну увагу було спрямовано також на вивчення останніх.

Культивування часнику озимого на великих площах завжди пов'язане зі значними ризиками. Отримати високоякісний урожай буває досить складно, а в деяких випадках навіть неможливо.

Часник належить до культур, які розмножуються вегетативно. Впровадження його у виробництво без належної підготовки садивного матеріалу та оздоровлення спричиняє швидке виродження культури й зменшення урожайності та якості вже через 2–3 покоління [9, 10, 13]. Отже, проблема вивчення та виділення кращих сортів, клонів і місцевих форм часнику озимого за господарсько цінними ознаками лишається актуальною.

Мета дослідження. Виділити кращі селекційні зразки часнику озимого за тривалістю вегетаційного періоду, діаметром і масою головки, урожайністю та товарністю в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження сортів, клонів і місцевих форм часнику озимого здійснювали на дослідному полі Білоцерківського НАУ в умовах Правобережного Лісостепу України (2022–2025 рр.). У робочу колекцію входило близько 54 сортозразки часнику озимого із різних областей України (Київської, Дніпропетровської, Житомирської, Запорізької, Кіровоградської, Чернігівської і Черкаської). Було відібрано 14 найкращих клонів для подальшої селекційної роботи. Оцінювання сортів, клонів та місцевих форм відбувалося згідно з «Методикою дослідної справи в овочівництві і баштанництві» [15]. Контролем слугував сорт Ірен (походження із Дніпропетровської обл.). Ґрунт на дослідному полі Білоцерківського НАУ належав до чорноземів типових малогумусних середньосуглинкових.

Дослідження зразків часнику озимого проводили в умовах природного зволоження. Посушливі явища були зафіксовані у другій–третій 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 середньобагаторічними показниками.

Аналогічні явища помічали у червні 2023 р. – менше на 13,1 мм. Ці посушливі періоди 2023 р. прискорювали достигання головок часнику озимого і були критичними для формування їх маси та кількості зубків. Однак у 2024 та 2025 рр. випадало більше дощів впродовж травня та червня. Зокрема, у 2024 р. у травні випадало на 37,5 та в 2025 р. на 31,4 мм більше опадів порівняно із середнім багаторічним показником. Впродовж червня 2024 і 2025 рр. – відповідно більше на 22,4 та 17,2 мм. Це сприяло кращому росту та формуванню врожаю рослин часнику озимого.

Вирощування зразків часнику озимого проводили за загальноприйнятою технологією [23]. Сорти та місцеві форми висаджували широкорядним способом за схемою 45х8 см (густота 278 тис. рослин/га). Урожай головок часнику починали збирати за появи ознак всихання листків і розтріскування обгорток на контрольних суцвіттях. Їх сортували на товарні і нетоварні та зважували окремо, керуючись відповідним стандартом [22]. Коефіцієнт фенотипової стабільності Левіса (SF) підраховували за формулою SF = HE/LE, де HE і LE відповідно найвище та найнижче

значення врожаю в різні роки досліджень. Підвищення значень цих коефіцієнтів свідчило про зменшення стабільності та гіршу пристосованість зразків [15]. Отримані дані досліджень визначали статистичними методами дисперсійного аналізу та використовували комп'ютерну програму "Statistica-7" [15, 24].

Результати дослідження та обговорення. Дослідження свідчать, що тривалість вегетаційного періоду у сортів, клонів та місцевих форм часнику озимого впродовж 2022 р. знаходилася в межах від 104 до 117 діб (табл. 1). Найменше його значення фіксували у рослин варіанта 8, який завезено із Запорізької області. Найбільший вегетаційний період відмічали у місцевої форми, що походила з Черкащини.

Тривалість вегетаційного періоду у сортів, клоні та місцевих форм часнику озимого впродовж 2023 р. знаходилася в межах від 102 до 114 діб. Найменшим (102 доби) він спостерігався у місцевої форми 8, яка походила із Запорізької області. Найдовше (114 діб) визрівали головки часнику у варіанта 14 з Черкащини. Контроль Ірен за цим показником належав до більш середньоранніх сортів, де тривалість вегетаційного періоду становила 102 доби.

У зв'язку з кращими погодними умовами, а саме менш посушливими та більш прохолодними днями (особливо впродовж квітня і травня) у 2024 р. тривалість вегетаційного періоду серед сортів, клонів та місцевих форм часнику озимого була порівняно більшою ніж в 2023 р. Найкоротшим цей показник відмічали у контролю Ірен (103 доби), зразка 3 (Київська область) та місцевих форм 8 і 9, що були завезені із Запорізької області. У цих зразків тривалість вегетаційного періоду становила 105 діб. Найдовшим він виявився у місцевої форми 14 із Черкаської області (115 діб).

Впродовж 2024 р. на зразках часнику озимого, що завезений із Київської (варіанти 1 і 3) та Запорізької областей (варіанти 8 і 9), головки достигали на 2 доби пізніше за контроль. На 4 та 5 діб пізніше врожай збирали у місцевої форми 6 з Дніпропетровської та 5 Кіровоградської областей. Тривалим вегетаційним періодом характеризувався зразок 14, який походив із Черкащини. Його значення становило 115 діб.

Найшвидше у 2025 р. збирали врожай головок часнику у місцевих сортів із Запорізької області 8 та 9. Тривалість вегетаційного періоду у них становила 105 діб і була на рівні з контролем Ірен. Найдовше достигали зразки 13 і 14 (Черкаська обл.) – 118 діб.

У середньому за чотири роки тривалість вегетаційного періоду у сортів, клонів та різних місцевих форм часнику озимого була різною. Зокрема, найменше значення цього показника фіксували на рослинах варіанта 8, завезеного із Запорізької області – 104 доби. Найтривалішим його значенням характеризувалися зразки 13 та 14, завезені із Черкащини. В цьому випадку його значення становило відповідно 114 та 116 діб.

Таблиця 1 –**Тривалість вегетаційного періоду клонів та місцевих форм часнику озимого**

Зразок	Походження	Тривалість вегетаційного періоду, діб				
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2022–2025 рр.
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	107	102	103	105	104
1	Київська обл., UKR	109	104	105	107	106
2	Київська обл., UKR	112	108	110	110	110
3	Київська обл., UKR	106	104	105	108	106
4	Кіровоградська обл., UKR	114	109	112	115	113
5	Кіровоградська обл., UKR	108	106	108	107	107
6	Дніпропетровська обл., UKR	107	105	107	107	107
7	Дніпропетровська обл., UKR	113	109	111	115	112
8	Запорізька обл., UKR	104	102	105	105	104
9	Запорізька обл., UKR	107	104	105	105	105
10	Чернігівська обл., UKR	114	110	112	116	113
11	Чернігівська обл., UKR	113	110	111	115	112
12	Житомирська обл., UKR	110	108	112	113	111
13	Черкаська обл., UKR	116	111	112	118	114
14	Черкаська обл., UKR	117	114	115	118	116
	$НІР_{05}$					1,9

Урожайність сортів, клонів і місцевих форм часнику озимого впродовж 2022–2025 рр. була різною та залежала від погодних умов і генетичних особливостей зразків (табл. 2). Зокрема, у 2022 р. вона коливалася від 7,5 (варіант 13, Черкаська обл.) до 14,5 т/га (варіант 9, Запорізька обл.). Урожайність у контролю Ірен була на рівні 13,1 т/га.

Погодні умови 2023 р. не були сприятливими для росту, розвитку та формування головок часнику озимого. На рослини негативно вплинули відсутність опадів у травні та червні. В результаті цього у 2023 р. порівняно із 2024 та 2025 рр., відмічали зниження врожайності на 6–30 %. Найбільшу врожайність серед сортів, клонів та місцевих форм часнику озимого спостерігали у варіанта 9 (Запорізька обл.) – 10,9 т/га. Найменшою (6 т/га) вона була у варіанта 13, походженням із Черкащини. Сорт-контроль Ірен формував урожайність головок 9,6 т/га.

У 2024 р. погодні умови були більш сприятливими для росту, розвитку та формування головок ніж у 2022 та 2023 рр., оскільки спостерігалася достатня кількість опадів та температури повітря більш близькі до оптимальних. Зокрема, найвищу врожайність (12,3 т/га) отримали від вирощування місцевої форми 9 із Запорізької області. Найнижчим (6,6 т/га) цей показник був у зразка 13 (Черкаська обл.). Урожайність головок у контролю Ірен становила 10,2 т/га.

У 2025 р. спостерігали сприятливі погодні умови для росту та розвитку рослин часнику озимого. Зокрема, урожайність головок серед варіантів коливалася від 8,3 до 15,8 т/га. Найбільше значення спостерігали за вирощування зразка 9 (Запорізька обл.), де цей показник становив 15,8 т/га. Найнижчим він був у варіанта 13, який походив із Черкаської області. Причому, урожайність у контролю знаходилася на рівні 14,1 т/га.

У середньому за чотири роки проведення досліджень було встановлено, що найвищу урожайність головок часнику мали за вирощування зразків 6 (Дніпропетровська обл.), 8 та 9 (Запорізька обл.), відповідно 11,2; 11,2 і 13,4 т/га. Для контролю Ірен середня урожайність за чотири роки становила 11,8 т/га. Істотна різниця щодо урожайності виявилася лише у місцевої форми 9, яка походила із Запорізької області. Цей показник становив 13,4 т/га.

Одним із важливих показників для часнику озимого є пристосованість до умов середовища. Найліпше адаптувався зразок, який раніше культивували в Київській області – місцева форма 1. Коефіцієнт стабільності Левіса у нього становив 1,3. Найбільше реагували на фактори навколишнього середовища зразки 10 (Чернігівська обл.), 14 (Черкаська обл.) та 6 (Дніпропетровська обл.). Показник Левіса у них становив 1,7.

Важливим господарсько цінним показником, що характеризує сорт, є товарність врожаю. Частка товарних головок, діаметр яких становив понад 4 см у різних варіантів часнику озимого сортів, клонів та місцевих форм впродовж 2022 р. коливалася від 62 до 78 % (табл. 3).

Таблиця 2 – **Урожайність клонів та місцевих форм часнику озимого**

Зразок	Походження	Урожайність, т/га					Коефіцієнт стабільності Левіса (S. F.)
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2022–2025 рр.	
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	13,1	9,6	10,2	14,1	11,8	1,5
1	Київська обл., UKR	8,0	6,8	7,4	8,8	7,8	1,3
2	Київська обл., UKR	9,8	6,9	7,5	10,7	8,7	1,6
3	Київська обл., UKR	7,6	6,1	7,2	8,4	7,3	1,4
4	Кіровоградська обл., UKR	10,5	8,0	9,3	12,1	10,0	1,5
5	Кіровоградська обл., UKR	9,1	6,7	7,3	9,9	8,3	1,5
6	Дніпропетровська обл., UKR	12,4	8,1	10,4	13,8	11,2	1,7
7	Дніпропетровська обл., UKR	11,3	7,8	8,4	12,2	9,9	1,6
8	Запорізька обл., UKR	12,4	8,6	10,5	13,2	11,2	1,5
9	Запорізька обл., UKR	14,5	10,9	12,3	15,8	13,4	1,4
10	Чернігівська обл., UKR	11,2	7,1	8,4	12,3	9,8	1,7
11	Чернігівська обл., UKR	8,9	6,9	7,5	9,7	8,3	1,4
12	Житомирська обл., UKR	9,6	7,6	8,2	10,5	9,0	1,4
13	Черкаська обл., UKR	7,5	6,0	6,6	8,3	7,1	1,4
14	Черкаська обл., UKR	11,3	7,1	9,6	12,3	10,1	1,7
	$НІР_{05}$					0,9	

Таблиця 3– **Товарність головок у різних місцевих форм, клонів та сортів часнику озимого**

Зразок	Походження	Товарність головок, %				
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2022–2025 рр.
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	75	68	71	77	73
1	Київська обл., UKR	67	61	63	69	65
2	Київська обл., UKR	72	65	68	74	70
3	Київська обл., UKR	62	56	58	64	60
4	Кіровоградська обл., UKR	74	67	70	79	73
5	Кіровоградська обл., UKR	71	65	68	73	69
6	Дніпропетровська обл., UKR	78	71	74	80	76
7	Дніпропетровська обл., UKR	75	68	71	77	73
8	Запорізька обл., UKR	77	70	73	79	75
9	Запорізька обл., UKR	78	71	74	80	76
10	Чернігівська обл., UKR	67	61	63	69	65
11	Чернігівська обл., UKR	64	58	60	66	62
12	Житомирська обл., UKR	72	65	68	74	70
13	Черкаська обл., UKR	66	60	62	68	64
14	Черкаська обл., UKR	74	67	70	76	72
	$НІР_{05}$					0,7

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. (відсутність опадів або їх мала кількість) негативно позначилися на товарності головок. Найбільшу частку товарних головок (71 %) зафіксували від культивування двох зразків (6 і 9), походженням із Дніпропетровщини та Запоріжжя.

Урожай найкращої якості та найбільша частка товарних головок впродовж 2024 р. спостерігалася у варіантів 6 і 9, що походили із Дніпропетровської і Запорізької областей – 74 %. Найгірший за якістю урожай отримали віл місцевої форми 3 (Київська обл.). Товарність головок у неї становила 58 %.

Частка товарних головок, діаметр яких становив понад 4 см у різних варіантів часнику озимого впродовж 2025 р. змінювалася від 64 до 80 %. Найнижчий відсоток товарності головок часнику відмічали у варіанта 3, завезеного із Київської області – 64 %, а найвищий – у двох зразків 6 (Дніпропетровська обл.) та 9 (Запорізька обл.) – 80 %.

У середньому за 2022–2025 рр. товарність головок часнику озимого в сортів, клонів та місцевих форм коливалася від 60 (варіант 3, Київська обл.) до 76 % (зразки 6 і 9 із відповідно Дніпропетровської та Запорізької областей). Істотне значення щодо цього показника мали місцеві форми 6, 8, 9. Причому, частка товарних головок у зразка 8 дорівнювала 75 %.

Упродовж 2022–2025 рр. відмічали різну масу головки і кількість зубків у сортів, клонів та місцевих форм робочої колекції часнику озимого (табл. 4).

Було визначено, що у 2022 р. найбільші за масою головки формувалися на рослинах варіантів 9 (Запорізька обл.) і 10 (Чернігівська обл.). – відповідно 67 та 60 г. Ці зразки були подібними з контролем сортом Ірен. У нього середня маса головки менша на 4 г від першого та більша на 3 г від другого зразка.

Погодні умови, а саме відсутність опадів впродовж травня, червня 2023 р. та високі температури повітря спричинили стрес у рослин часнику озимого, що призвело до утворення малих головок. Спостерігали невеликі головки у трьох зразків, походженням із Київської області (1, 2 і 3), одного із Кіровоградської (5) та двох з Черкаської області (13 та 14). Їх маса сягала відповідно 40, 38 і 39 г (Київська обл.); 37 г (Кіровоградська обл.); 36 та 38 г (Черкаська обл.). Найбільшими вони виростали у рослин місцевої форми 9 (Запорізька обл.). Для контролю значення цього показника становило 51 г.

Упродовж 2024 р. погодні умови були більш сприятливими для росту та формування врожаю часнику озимого порівняно із 2022 та 2023 рр. Зокрема, впродовж травня і червня випало більше опадів, що позитивно вплинуло на критичні фази розвитку рослин. Однак, кількість опадів не була достатньою для формування потенційного врожаю часнику. Найбільші головки у 2024 р. виростали у зразка 9 (Запорізька обл.) – 61 г.

Таблиця 4 – **Маса головки та кількість зубків у сортів та місцевих форм часнику озимого** (середнє за 2022–2025 рр.)

Зразок	Походження	Середня маса головки, г					Кількість зубків у головці, шт.
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2022–2025 рр.	
Ірен, St	Черкаська обл., UKR	63	51	52	66	58	6
1	Київська обл., UKR	43	40	42	46	43	6
2	Київська обл., UKR	49	38	40	52	45	5
3	Київська обл., UKR	44	39	45	47	44	6
4	Кіровоградська обл., UKR	51	43	48	55	49	5
5	Кіровоградська обл., UKR	46	37	39	49	43	6
6	Дніпропетровська обл., UKR	57	41	51	62	53	6
7	Дніпропетровська обл., UKR	54	41	43	57	49	6
8	Запорізька обл., UKR	58	44	52	60	54	6
9	Запорізька обл., UKR	67	55	60	71	63	6
10	Чернігівська обл., UKR	60	42	48	64	54	11
11	Чернігівська обл., UKR	50	43	45	53	48	5
12	Житомирська обл., UKR	48	42	43	51	46	8
13	Черкаська обл., UKR	41	36	38	44	40	5
14	Черкаська обл., UKR	55	38	49	58	50	5
	$НІР_{05}$					4,1	0,7

Було встановлено, що впродовж 2025 р. найбільші головки формувалися на рослинах варіантів 9 (Запорізька обл.) і 10 (Чернігівська обл.). В цьому випадку цей показник становив відповідно 71 та 64 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.

У середньому за 2022–2025 рр. досліджень було виділено зразки з істотно меншою головкою: 13 та 14 (Черкаська обл.), 4 і 5 (Кіровоградська обл.), 7 (Дніпропетровська обл.), 1, 2 і 3 (Київська обл.), 12 (Житомирська обл.) та 11 (Чернігівська обл.). Їх маса становила відповідно 40; 50; 49; 43; 49; 43; 45; 44; 46 та 48 г. Суттєво більшу масу головок порівняно з контролем Ірен спостерігали у рослин місцевої форми 9 із Запорізької області – 63 г.

Найбільш багатозубковими були головки місцевих форм 10 і 12, походженням із Чернігівської (11 шт.) та Житомирської (8 шт.) областей. Вони налічували відповідно 11 та 8 штук зубків у головці. Найменше (5 штук) закладалося їх на рослинах варіантів 2 (Київська обл.), 4 (Кіровоградська обл.), 11 (Чернігівська обл.) та 13 і 14 (Черкаська обл.).

Кореляційним аналізом було встановлено, що тісний зв'язок спостерігали між масою головки і урожайністю (r=0,99). Середньої сили кореляцію відмічали між кількістю зубків і масою головки ((r=0,45). Обернена кореляція була між урожайністю і кількістю зубків у головці (r=-0,34).

Отже, вивчення господарсько цінних ознак різних сортів, клонів і місцевих форм та проведений кореляційний аналіз між ознаками дають можливість планувати селекційну роботу для створення сортів, пристосованих до мінливих погодних умов Правобережного Лісостепу України.

Висновки. В результаті проведених досліджень впродовж 2022–2025 рр. авторами здійснено патентний пошук, поповнено колекцію часнику озимого новими сортами та зроблено оцінку місцевих форм за господарсько цінними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України.

У результаті проведених досліджень виділено зразки часнику озимого з коротким вегетаційним періодом, великою масою головки і кількістю зубків та високою врожайністю культури в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України. Найкращі результати маси головки (63 г) та врожайності (13,4 т/га) спостерігали від вирощування зразка 9, походженням із Запорізької області. Товарна урожайність його становила 75 %. Найбільш ранньостиглою (104 доби) була місцева форма 8 (Запорізька обл.). Найменша кількість зубків закладалася у зразка 4 (Кіровоградська обл.) – 4 шт., а найбільше – в місцевої форми 10 (Чернігівська обл.) – 11 шт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Al-Safadi B., Mir Ali N., Arabi M.I.E. Improvement of garlic (*Allium sativum* L.) resistant to white rot and storability using γ-irradiation induced mutations. Journal of Genetics and Breeding. 2000. 54(3). P. 175–181.

2. Variation in Morphological and Quality Parameters in Garlic (*Allium sativum* L.) Bulb Influenced by Different Photoperiod, Temperature, Sowing and Harvesting Time / M.J. Atif et al. Plants. 2020. 9(2). 155 p. DOI: 10.3390/plants9020155.

3. Influence of Different Photoperiod and Temperature Regimes on Growth and Bulb Quality of Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars / M.J. Atif et al. Agronomy. 2019. 9(12). 879 p. DOI: 10.3390/agronomy9120879.

4. Bhatt B., Soni A.K., Jangid K., Kumar S.A. Study on Genetic Variability, Character Association and Path Coefficient Analysis in Promising Indigenous Gentoypes of Garlic (*Allium sativum* L.). Int. J. Pure App. Biosci. 2017. 5(1). P. 679–686. DOI: 10.18782/2320-7051.

5. Dejen B., Mohammed H., Belay B. Genetic divergence and cluster analysis for yield and yield contributing traits in lowland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes at Fogera, Northwestern Ethiopia. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences. 2021. 8(5). P. 1–11. DOI: 10.22192/ijarbs.2021.08.05.001.

6. Gupta A., Sharma P. Genetic Variability and Genetic Advance Studies for Bulb Yield and Its Components of Different Mutant Lines of Garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Plant & Soil Science. 2025. 37. P. 67–75. DOI: 10.9734/ijpss/2025/v37i15252.

7. Genetic variability of garlic accessions as revealed by agromorphological traits evaluated under different environments / E.S.S. Hoogerheide et al. Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE). 2017. 16 (2). P. 1–10. DOI: 10.4238/gmr16029612.

8. Kumari S. Study on genetic parameters in garlic (*Allium sativum* L.) for yield and quality traits. Electron. J. Plant Breed. 2021. 12(2). P. 477–484. DOI: 10.37992/2021.1202.067.

9. Turning Garlic into a Modern Crop: State of the Art and Perspectives / R. Parreño et al. Plants. 2023. 12(6). 1212 p. DOI: 10.3390/plants12061212.

10. Effect of Integrated Nutrient Management on Yield and Quality of Garlic cv / A. Priyanshu et al. Journal of AgriSearch. 2020. 7. P. 251–254.

11. Herbicidal combinations for management of complex weed flora and economic analysis in garlic (*Allium sativum* L.) / A. Sharma et al. Theoretical Biology Forum. 2024. 13(1). P. 30–39.

12. 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.

13. Singh G., Singh A., Shrivastav S.P. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and its contributing traits in garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. 7(2). P. 1362–1372.

14. Tesfaye A., Mijena D.F., Zeleke H., Tabor G. Genetic variability and character association for bulb yield and yield-related traits in garlic in Ethiopia. African Crop Science Journal. 2021. 29(2). P. 293–308.

15. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 370 с.

16. Yusuf A., Fagbuaro S.S., Fajemilehin S.O.K. Chemical composition, phytochemical and mineral profile of garlic (*Allium sativum*). J. Biosci. Biotechnol. Discov. 2018. 3. P. 105–109. DOI: 10.31248/JBBD2018.073.

17. Phytochemicals of garlic: Promising candidates for cancer therapy / Y. Zhang et al. Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie. 2020. 123. 109730. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109730.

18. 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.

19. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2023 році. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: https://minagro.gov.ua/fi le-storage/reyestr-sortiv-roslin.

20. 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/reyestr-sortiv-roslin.

21. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2025 році. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: https://minagro.gov.ua/fi le-storage/reyestr-sortiv-roslin.

22. 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.

23. Вирощування часнику озимого: методичні рекомендації / С.І. Корнієнко та ін. 2015. 36 с.

24. Сич З.Д. Методичні рекомендації по статистичній оцінці селекційного матеріалу овочевих і баштанних культур. Харків: ІОБ УААН, 1993. 72 с.

25. 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.

26. Сич З.Д., Кубрак С.М. Оцінювання зразків часнику озимого за господарсько цінними ознаками в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України. Агробіологія. Біла Церква, 2025. Вип. 1. С. 171–180. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-171-180.

27. Улянич О.І., Остапенко Н.О., Юрченко В.О., Савенко О.А. Народно-господарське значення та лікувальні властивості часнику: матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Наука, тенденції та перспективи овочівництва в Україні». Умань, 2020. С. 39–41.

REFERENCES

1. Al-Safadi, B., Mir Ali, N., Arabi, M.I.E. (2000). Improvement of garlic (*Allium sativum* L.) resistant to white rot and storability using γ-irradiation induced mutations. Journal of Genetics and Breeding. no. 54(3), pp. 175–181.

2. Atif, M.J., Amin, B., Ghani, M.I., Ali, M., Cheng, Z. (2000). Variation in Morphological and Quality Parameters in Garlic (*Allium sativum* L.) Bulb Influenced by Different Photoperiod, Temperature, Sowing and Harvesting Time. Plants. no. 9(2), 155 p. DOI: 10.3390/plants9020155.

3. Atif, M.J., Amin, B., Ghani, M.I., Hayat, S., Ali, M., Zhang, Y., Cheng, Z. (2019). Influence of Different Photoperiod and Temperature Regimes on Growth and Bulb Quality of Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars. Agronomy. no. 12, 879 p. DOI: 10.3390/agronomy9120879.

4. Bhatt, B., Soni, A.K., Jangid, K., Kumar, S.A. (2017). Study on Genetic Variability, Character Association and Path Coefficient Analysis in Promising Indigenous Gentoypes of Garlic (*Allium sativum* L.), Int. J. Pure App. Biosci. no. 5(1), pp. 679–686. DOI: 10.18782/2320-7051.

5. Dejen, B., Mohammed, H., Belay, B. (2021). Genetic divergence and cluster analysis for yield and yield contributing traits in lowland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes at Fogera, Northwestern Ethiopia. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences. no. 8(5), pp. 1–11. DOI: 10.22192/ijarbs.2021.08.05.001.

6. Gupta, A., Sharma, P. (2025). Genetic Variability and Genetic Advance Studies for Bulb Yield and Its Components of Different Mutant Lines of Garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Plant & Soil Science. no. 37, pp. 67–75. DOI: 10.9734/ijpss/2025/v37i15252.

7. Hoogerheide, E.S.S., Azevedo Filho, J.A., Vencovsky, R., Zucchi, M.I., Zago, B.W., Pinheiro, B.J. (2017). Genetic variability of garlic accessions as revealed by agromorphological traits evaluated under different environments. Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE). no. 16 (2), pp. 1–10. DOI: 10.4238/gmr16029612.

8. Kumari, S. (2021). Study on genetic parameters in garlic (*Allium sativum* L.) for yield and quality traits. Electron. J. Plant Breed. no. 12(2), pp. 477–484. DOI: 10.37992/2021.1202.067.

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(6), 1212 p. DOI: 10.3390/plants12061212.

10. Priyanshu, A., Singh, M., Kumar, Mukesh, Kumar, Vipin Safed, Yamuna. (2020). Effect of Integrated Nutrient Management on Yield and Quality of Garlic cv. Journal of AgriSearch. no. 7, pp. 251–254.

11. Sharma, A., Sharma, S., Chaudhary, D.R., Rana, S.S., Sharma, N., Ketan, Chauhan, A., Choudhary, A., Gola, S.K., Babanjeet, Sharma, B., Sharma, S., Ashish. (2024). Herbicidal combinations for management of complex weed flora and economic analysis in garlic (*Allium sativum* L.). Theoretical Biology Forum. no. 13(1), pp. 30–39.

12. 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.

13. Singh, G., Singh, A., Shrivastav, S.P. (2018). Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and its contributing traits in garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. no. 7(2), pp. 1362–1372.

14. Tesfaye, A., Mijena, D.F., Zeleke, H., Tabor, G. (2021).Genetic variability and character association for bulb yield and yield-related traits in garlic in Ethiopia. African Crop Science Journal. no. 29(2), pp. 293–308.

15. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (2001). Methodology of research work in vegetable and melon growing. Kharkiv, Osnova, 369 p.

16. Yusuf, A., Fagbuaro, S.S., Fajemilehin, S.O.K. (2018). Chemical composition, phytochemical and mineral profile of garlic (*Allium sativum*). J. Biosci. Biotechnol. Discov. no. 3, pp. 105–109. DOI: 10.31248/JBBD2018.073.

17. Zhang, Y., Liu, X., Ruan, J., Zhuang, X., Zhang, X., Li, Z. (2020). Phytochemicals of garlic: Promising candidates for cancer therapy. Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie. no. 123, 109730. DOI: 10.1016/j.biopha.2019.109730.

18. Hriunvald, N.V. (2022). Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukrai'ni 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.

19. Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukrai'ni u 2023 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2023]. Ministerstvo ahrarnoyi polityky ta prodovol′stva Ukrayiny [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. 2023. Available at: https://minagro.gov. ua/fi le-storage/reyestr-sortiv-roslin.

20. Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukrai'ni u 2024 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in Ukraine in 2024]. Ministerstvo ahrarnoyi polityky ta prodovol′stva Ukrayiny [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. 2024. Available at: https://minagro.gov. ua/fi le-storage/reyestr-sortiv-roslin.

21. Derzhavnij rejestr sortiv roslin, pridatnij dlja poshirennja v Ukrai'ni u 2025 roci [State register of plant varieties, suitable for distribution in

Ukraine in 2024]. Ministerstvo ahrarnoyi polityky ta prodovol′stva Ukrayiny [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. 2025. Available at: https://minagro.gov. ua/fi le-storage/reyestr-sortiv-roslin.

22. DSTU ISO 6663-2002. Chasnik. Zberigannja 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.

23. Kornienko, S.I., Muravev, V.O., Goncharov, O.M., Mitenko, I.M., Vitrenko, N.K., Dyadchenko, L.I. (2015). Growing of winter garlic. Guidelines. Kharkiv, 36 p.

24. Sych, Z.D. (1993). Metodychni rekomendacii' po statystychnij ocinci selekcijnogo materialu ovochevyh i bashtannyh kul'tur [Guidelines for the statistical assessment of breeding material of vegetable and melons]. Kharkiv, IOB UAAN, 72 p.

25. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2020). Otsinyuvannya 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

26. Sych, Z., Kubrak, S. (2025). Otsiniuvannia zrazkiv chasnyku ozymohoza hospodarsko tsinnymy oznakamyv posushlyvykh umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of winter garlic samples for economically valuable traits in arid conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Agrobiologija [Agrobiology]. no. 1, pp. 171–180. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-171-180.

27. Ulyanych, O.I., Ostapenko, N.O., Yurchenko, V.O., Savenko, O.A. (2020). Narodno-gospodars'ke znachennja ta likuval'ni vlastyvosti chasnyku: materialy VIII Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktychnoi' internet-konferencii' «Nauka, tendencii' ta perspektyvy ovochivnyctva v Ukrai'ni» [National economic significance and medicinal properties of garlic. Proceedings of the VIII All-Ukrainian scientific-practical Internet conference "Science, trends and prospects of vegetable growing in Ukraine"]. Uman, pp. 39–41.

The effect of weather conditions in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on economically valuable characteristics of winter garlic

Kubrak S., Sych Z.

The aim of the 2022–2025 study was to identify valuable varieties, clones, and local forms of winter garlic based on growing season duration, bulb weight, number of cloves, yield, and marketability under arid conditions in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

As a result of the research, it was established that local form 8, originating from Zaporizhzhia region, was characterized by the shortest growing season (104 days). The largest bulbs were formed in local form 9 (63 g), also from Zaporizhzhia region. The highest yield was recorded in sample 9 (Zaporizhzhia region) at 13.4 t/ha, compared with 11.8 t/ha in the control cultivar ‘Iren’. The lowest yield (7.1 t/ha) was observed in local form 13 from the Cherkasy region.

The highest proportion of marketable bulbs was recorded in samples 6 (Dnipropetrovsk region), 8 (Zaporizhzhia region), and 9 (Zaporizhzhia region). The accession from Kyiv region (sample 1) showed the best adaptation to environmental conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, with a Lewis stability coefficient of 1.3. Samples 10 (Chernihiv region), 14 (Cherkasy region), and 6 (Dnipropetrovsk region) showed the strongest response to environmental factors, with a Lewis index of 1.7.

During the 2022–2025 study, winter garlic genotypes with contrasting traits were identified. The earliest-maturing genotype was sample 8 from Zaporizhzhia region, maturing in 104 days. Sample 9 from the same region showed the best performance in terms of average bulb weight (63 g), yield (13.4 t/ha), and marketability (76 %).

The lowest number of cloves per bulb (5) was observed in local forms 2 (Kyiv region), 4 (Kirovohrad region), 11 (Chernihiv region), and 13 and 14 (Cherkasy region). The highest number of cloves was recorded in samples 10 (Chernihiv region) and 12 (Zhytomyr region), with 10 and 8 cloves per bulb, respectively.

Key words: winter garlic, accession, local form, precipitation, air temperature, yield, bulb weight.

Copyright: Кубрак С.М., Сич З.Д. © 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:
Кубрак С.М. https://orcid.org/0000-0002-3836-5940
Сич З.Д. https://orcid.org/0000-0002-2780-2869

АГРОНОМІЯ

УДК 635.21.631.53:58.085

Бульбоутворення різних сортів картоплі в культурі *in vitro* залежно від складу живильного середовища та режимів освітлення

Купріянова Т.М.

Інститут картоплярства НААН

Купріянова Т.М. E-mail: kyptm@meta.ua

Купріянова Т.М. Бульбоутворення різних сортів картоплі в культурі *in vitro* залежно від складу живильного середовища та режимів освітлення. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 72–79.

Kupriianova T. Tuber formation of different potato varieties in *in vitro* culture depending on the composition of the nutrient medium and lighting conditions. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 72–79.

Рукопис отримано: 02.03.2026 р.
Прийнято: 17.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-72-79

ISSN 2310-9270

Метою дослідження було встановити вплив складу живильного середовища та різних режимів освітлення на процес бульбоутворення різних сортів картоплі в культурі *in vitro*. Дослідження проводили у відділі біотехнології та біотехнічних систем Інституту картоплярства НААН. Об'єктом дослідження були сорти картоплі селекції Інституту картоплярства НААН – Слаута, Кіммерія та Княгиня. Під час проведення досліджень були використані біотехнологічні методи культури тканин і органів рослин – для одержання та розмноження рослин *in vitro* методом живцювання в пробірковій культурі на агаризованому середовищі в стерильних умовах.

За результатами проведених досліджень виявлено позитивний вплив дії різних варіантів освітлення на ріст і розвиток рослин *in vitro*. Встановлено певну залежність між інтенсивністю росту пагонів і бульбоутворенням. Активне бульбоутворення починалося тоді, коли ріст пагонів сповільнювався або зовсім припинявся. На 36-ту добу після висадження живців на живильне середовище утворювалися перші мікробульби. Масове утворення мікробульб спостерігалося на середовищі Мурасіге-Скуга за додавання 100 % макроелементів та 2 мг/л аденіну. Аденін стимулює утворення столонів та ініціацію бульб. Вихід мікробульб становив: сорт Кіммерія – 53 % (контроль 46 %), сорт Княгиня – 39 % (контроль 34 %), сорт Слаута – 37 % (контроль 35 %). У варіанті середовище H_1 з додаванням 2 мг/л аденіну, вихід мікробульб становив: сорт Кіммерія – 51 % (контроль 46 %), сорт Княгиня – 37 % (контроль 34 %), сорт Слаута – 36 % (контроль 35 %). В середньому за 2023–2025 рр. найбільше рослин, що утворили мікробульби після перенесення рослин в умови відсутності світла спостерігали у сорту Слаута – 97 % рослин (контроль 93 %), найменше рослин, що утворили бульби було встановлено у сорту Кіммерія – 94 % рослин (контроль 90 % рослин).

Ключові слова: рослини *in vitro*, агаризоване середовище, мікробульби, картопля, макроелементи.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Насіннєвий матеріал картоплі, як матеріальна основа сорту дає можливість достатньо повно розкрити потенційні можливості останнього, підвищити ефективність застосування нових технологій за умови високої якості насіння, що забезпечить приріст урожаю картоплі на 25–30 %.

У зв'язку з вегетативним розмноженням картоплі, на неї впливають ґрунтові, кліматичні, фітосанітарні фактори, які можуть негативно впливати на продуктивність насіннєвих

бульб. Особливої шкоди завдають картоплярству вірусні, бактеріальні та грибні хвороби. Уражуючи рослини, вони призводять до значного недобору врожаю, погіршуючи його товарні якості.

На сьогодні в Україні процес оздоровлення картоплі від вірусної інфекції достатньо відпрацьований, що дає змогу оздоровити будь-який сорт. Однак питання пошуку оптимальних способів розмноження оздоровлених рослин і отримання достатньої кількості високоякісного насіннєвого матеріалу залишається відкритим. Найбільш якісно це завдання дають змогу вирішувати методи прискореного розмноження рослин *in vitro*, завдяки яким за короткий проміжок часу з однієї рослини можна отримати декілька тисяч. Значною перевагою цього методу є можливість швидкого напрацювання необхідної кількості насіннєвого матеріалу новостворених чи оздоровлених сортів і забезпечити у такий спосіб їх своєчасне введення в систему насінництва [1]. У практичній роботі мікроклональне розмноження здійснюють методом живцювання рослин у штучних умовах на живильному середовищі.

Вплив різних факторів на морфогенез *in vitro* у багатьох сортів картоплі вивчено рядом авторів [2, 3]. Наукові роботи здебільшого присвячені вирішенню і вивченню окремих методичних питань. Однак, практично для кожного сорту необхідно підбирати індивідуальні умови для морфогенезу *in vitro.* Тому вивчення і оптимізація умов культивування рослин *in vitro* для підвищення індукції бульбоутворення є актуальною і важливою складовою частиною роботи з насінництва картоплі [4].

Культивування рослин *in vitro* в контрольованих умовах на штучних поживних середовищах дозволяє за допомогою зміни факторів зовнішнього середовища регулювати процес органогенезу, зокрема індукувати бульбоутворення. Також на цей процес впливають сортові особливості рослин. Основна маса сортів (95 %) утворює мікробульби за 55–60 діб. В інших бульбоутворення відбувається за триваліший період. Прискорити цей процес можна способом оптимальної взаємодії основних факторів, що стимулюють його: оптимального вмісту в живильному середовищі вуглеводів та біологічно активних речовин, оптимальних величин фотоперіоду і температури [5, 6].

Для підвищення ефективності біотехнологічного методу одержання вихідного матеріалу використовують комплекс прийомів для оптимізації та прискорення процесу бульбоутворення в культурі меристем *in vitro* і покращення якості мікробульб [7]. Зокрема особливо важливу роль відіграють температурний та світловий режими.

Гормональна регуляція процесу бульбоутворення в рослинах пов'язана з рядом факторів, зокрема з комплексним впливом тривалості фотоперіоду та температурного режиму. Дослідження Інституту зрошуваного землеробства НААН довели, що подовжений до 16 годин фотоперіод у перші 20 діб культивування рослин, а також використання фоторежиму з двотижневим періодом без освітлення за температури вдень і вночі 16 °С зменшують кількість утворених мікробульб та їх середню масу. Однак зниження температури в період без світла до 10 °С значною мірою нівелює негативний вплив недостатнього освітлення і може використовуватись за необхідності економії енергетичних ресурсів [8]. Регулювання фотоперіоду пов'язано із забезпеченням рослин елементами живлення. Під час вирощування на світлі потреба вуглецю компенсується завдяки фотосинтезу. Тимчасом за культивування у темряві рослини переходять до гетеротрофного способу живлення і потреба у вуглеводах забезпечується додаванням до середовища здебільшого сахарози. Збільшення вмісту цукру з 6 до 8 % суттєво пом'якшує негативний вплив недоотримання рослинами світла, втрата продуктивності зменшується у 2 рази [9]. За вибраним фоторежимом спектральний склад світла майже не впливає на ріст надземної частини рослини. Однак освітлення червоним світлом прискорює процеси столоно- та бульбоутворення: на 40-ву добу культивування кількість рослин, що утворили мікробульби, у 3–4 рази вища, ніж за білого світла. Вихід мікробульб масою більше 350 мг за червоного світла на 64 % вищий, ніж за синього світла. У разі чергування різного світла до і після столоноутворення найбільш ефективним було використання синього світла до столоноутворення і червоного – після столоноутворення. За такого сполучення 100 % рослин формують мікробульби масою 300,5 мг.

Мета дослідження – вивчення впливу складу живильного середовища та різних режимів освітлення на процес бульбоутворення різних сортів картоплі в культурі *in vitro*.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили у відділі біотехнології та біотехнічних систем Інституту картоплярства НААН. Матеріалом для досліджень слугували сорти ІК НААН Слаута, Кіммерія та Княгиня.

Слаута – ранньостиглий, столового призначення. Урожайність: 25,0 т/га на 40–45 добу після сходів, 50,0 т/га – у кінці вегетації, на поливі – 70,0 т/га. Вміст крохмалю – 15,4 %. Споживчі якості – 8,6 бала. Стійкий до раку картоплі, золотистої цистоутворювальної картопляної нематоди, фітофторозу. Морфологічні ознаки: бульби округло-овальні, рожеві, м'якоть кремова, квітки червоно-фіолетові. Рекомендовані зони вирощування: Лісостеп. Особливості сорту: надраннє формування товарного врожаю; придатний для вирощування двоурожайною культурою на півдні України; висока стійкість до механічних пошкоджень бульб; висока польова стійкість до вірусних хвороб; підвищена стійкість до потемніння м'якоті бульби.

Кіммерія – сорт картоплі столового призначення, який належить до групи ранньостиглих. Урожайність: 16,0 т/га на 40–45 добу після сходів, 45,0 т/га – в кінці вегетації. За даними Державного сортовипробування гарантований приріст урожайності сорту Кіммерія, порівняно з умовним стандартом, у зоні Полісся України становив 12,0 %, в Лісостепу – 42,1 %. Морфологічні ознаки сорту: бульби видовжено-овальні, з неглибокими вічками, кремові, м'якоть світло-жовта. Маса товарної бульби – 85,1–102,9 г. Середня кількість бульб в кущі 14–17 шт. Вміст крохмалю в 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.

Княгиня – середньостиглий, столового призначення. Урожайність 68,0 т/га в кінці вегетації. Вміст крохмалю – 14,2–15,1 %. Споживчі якості – 8,0 балів. Сорт стійкий до звичайного патотипу раку і золотистої картопляної цистоутворювальної нематоди, фітофторозу, стеблової нематоди. Морфологічні ознаки: бульби світло-рожеві, округлої форми, м'якоть жовтого кольору, квітки червоно-фіолетові. Рекомендовані зони вирощування: Полісся, Лісостеп. Особливості сорту: придатний для вирощування на всіх типах ґрунтів за дотримання рекомендованих технологій; посухостійкий, високопластичний, стійкий до виродження.

Кількість облікових бульб по кожному сорту становила 50 шт. Для бульбоутворення у рослин картоплі використовували маточні рослини з наступним живцюванням і висаджуванням на живильне середовище МС з різними концентраціями гормонів. 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. Живці потім 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. Культивування рослин відбувалося за температури +14–15 °С–+22–24 °С, 8 та 16-годинного фотоперіоду, освітлення 5 тис. лк – темрява. Усі необхідні обліки, аналізи та спостереження в процесі проведення досліджень здійснювали згідно з «Методичними рекомендаціями щодо проведення досліджень з картоплею» та «Методикою дослідної справи» [10,11].

Результати дослідження та обговорення. На утворення та наступний ріст мікробульб впливають такі параметри культивування як фотоперіод і температура. Тривалість освітлення рослин *in vitro* картоплі впродовж доби, фотоперіод – один з найважливіших факторів столоно- і бульбоутворення. Важливий не лише сам фотоперіод, а також тривалість інтервалу його застосування, фаза розвитку рослини. В перші сім діб після живцювання з метою отримання мікробульб живці культивують на довгому (16-годинному) фотоперіоді, що забезпечує більш інтенсивне накопичення органічних речовин в листі живця, початок регенерації кореневої системи та стебла.

В результаті проведених досліджень встановлено, що більш інтенсивне накопичення органічних речовин в листі живця та початок регенерації кореневої системи і стебла в рослин досліджуваних сортів картоплі відбувалося під час культивування перші 10 діб після живцювання за довгого фотоперіоду. В наступні 2 місяці застосовували повну

темряву. Без світла метаболічні процеси проходять за гетеротрофним типом, використовуючи сахарозу як джерело енергії та вуглецю. Проте, формування бульб триває на 14 діб довше у ранніх сортів Слаута і Кіммерія, і на 21 добу – у середньостиглого сорту Княгиня. Після досягнення бульбами оптимального розміру (0,8–1,8 см у діаметрі), їх відділяли від рослини та зберігали за температури +4 °С (табл. 1).

У результаті досліджень було встановлено певну залежність між інтенсивністю росту пагонів і бульбоутворенням. Активне бульбоутворення починалося тоді, коли ріст пагонів сповільнювався або зовсім припинявся. На 36-ту добу після висадження живців на живильне середовище утворювалися перші мікробульби. За кількістю мікробульб цей спосіб не поступається існуючому. Зокрема, у досліджуваних сортів кількість рослин, що утворили мікробульби становила в межах 90–96 %. Найвищий вихід мікробульб було встановлено у сорту Слаута – 97 % на варіанті, де рослини вирощували перші 10 діб за 16-годинного фотоперіоду з подальшим перенесенням їх в умови відсутності світла. У решти досліджуваних сортів кількість рослин, що утворила мікробульби була нижчою на 1–3 %, і становила відповідно у сорту Княгиня 96 % та сорту Кіммерія 94 %.

Слід зазначити, що кількість мікробульб на одну рослину поміж досліджуваних сортів була вищою також на варіанті, де рослини вирощували перші 10 діб за 16-годинного фотоперіоду з подальшим перенесенням їх в умови відсутності світла. Показники коливалися від 2,0 до 2,5 шт./рослину. У сортів Слаута та Кіммерія цей показник був майже однаковим і становив 2,4 і 2,5 шт./рослину відповідно. Стосовно сорту Княгиня, слід відмітити, що середня кількість мікробульб на рослину в нього була найнижчою і становила 2,0 шт./рослину.

Водночас, за середньою масою і товарністю мікробульб, по варіантах значної різниці встановлено не було. Середня маса однієї мікробульби становила в межах 0,5–0,6 г.

Застосування цього режиму освітлення рослин пояснюється наступними закономірностями: 16-годинний фотоперіод забезпечує нормальний ріст і розвиток рослин, однак не завжди сприяє столоно- та мікробульбоутворення. Темновий період сприяє столоноутворенню та ініціації бульб. Тривалість періоду від посадки живця до збирання мікробульб тривала від двох до трьох місяців, залежно від сорту.

За садіння у ґрунт таких мікробульб схожість становила 97–99 %, рослини добре росли та розвивалися. Результати визначення врожаю та його структурного аналізу наведено в таблиці 2.

Таблиця 1 – **Вплив режимів освітлення на процес бульбоутворення в культурі *in vitro*,** (2023–2025 рр.)

Варіант	Рослини, що утворили бульби, %	Кількість мікробульб на рослину, шт.	Маса однієї мікробульби, г
Сорт Слаута			
1. 90 діб по 16 год/на добу (контроль)	93	1,9	0,4
2. 10 діб по 16 год світла з подальшим перенесенням в повну темряву	97	2,4	0,5
НІР $_{0,5}$		0,25	
Сорт Кіммерія			
1. 90 діб по 16 год/на добу (контроль)	90	2,1	0,5
2. 10 діб по 16 год світла з подальшим перенесенням в повну темряву	94	2,5	0,6
НІР $_{0,5}$		0,19	
Сорт Княгиня			
1. 90 діб по 16 год/на добу (контроль)	93	1,3	0,4
2. 10 діб по 16 год світла з подальшим перенесенням в повну темряву	96	2,0	0,5
НІР $_{0,5}$		0,5	

Таблиця 2 – **Продуктивність посівів мікробульб,** 2023–2025 рр.

Варіант	Врожайність, т/га	Структурний склад врожаю, %			Кількість бульб, шт./кущ
		< 28 мм	28–55 мм	> 55 мм	
Сорт Слаута					
1. 90 діб по 16 год/на добу (контроль)	30,0	29	66	5	8,1
2. 10 діб по 16 год світла з подальшим перенесенням в повну темряву	32,5	32	62	6	8,8
Сорт Кіммерія					
1. 90 діб по 16 год/на добу (контроль)	33,0	34	60	6	8,1
2. 10 діб по 16 год світла з подальшим перенесенням в повну темряву	38,0	30	65	5	8,7
Сорт Княгиня					
1. 90 діб по 16 год/на добу (контроль)	37,5	33	65	2	8,4
2. 10 діб по 16 год світла з подальшим перенесенням в повну темряву	39,0	32	64	4	9,0

В результаті характеристики досліджуваних сортів встановлено, що вищі показники врожайності були відмічені у рослин, які вирощували перші 10 діб за 16-годинного фотоперіоду з подальшим перенесенням їх у повну темряву.

Отримані дані свідчать, що найвищим показником урожайності, 39,0 т/га, характеризувався сорт Княгиня. Лише на 1 т/га (38,0) менший показник врожайності було встановлено у сорту Кіммерія. Найнижчим показником врожайності характеризувався сорт Слаута – 32,5 т/га.

За визначення структурного складу врожаю, встановлено найбільший вихід бульб розміром 30–60 мм у всіх досліджуваних сортів. Відповідно показники становили в межах 62–65 %. Щодо середньої кількості бульб, слід відмітити найвищий показник у сорту Княгиня – 9,0 шт./кущ. У двох інших сортів за показником кількості бульб значної різниці встановлено не було (8,7–8,8 шт./кущ).

Встановлено підвищення інтенсивності бульбоутворення за культивування рослин на середовищі з вмістом цитокінінів, зокрема аденіну, який активізує включення амінокислот в поліпептидний ланцюг, що обумовлює більш інтенсивний біосинтез білка та посилене ділення клітин. Особливе значення при цьому має концентрація фітогормону в поживному середовищі. Від концентрації та співвідношення біологічно активних речовин в рослині залежить початок та інтенсивність столоно- та бульбоутворення. Така ж закономірність характерна і щодо біологічно активних речовин, які використовують рослини з живильного середовища (табл. 3).

Масове утворення мікробульб спостерігалося на середовищі Мурасіге-Скуга за додавання 100 % макроелементів та 2 мг/л аденіну (табл. 4).

Аденін стимулює утворення столонів та ініціацію бульб. Вихід мікробульб становив: сорт Кіммерія – 53 % (контроль 46 %), сорт Княгиня – 39 % (контроль 34 %), сорт Слаута – 37 % (контроль 35 %). У варіанті середовище H_1 з додаванням 2 мг/л аденіну, вихід мікробульб становив: сорт Кіммерія – 51 % (контроль 46 %), сорт Княгиня – 37 % (контроль 34 %), сорт Слаута – 36 % (контроль 35 %).

Таблиця 3 – **Склад живильного середовища залежно від вмісту біологічно активних речовин**

Варіант	Вміст елементів живлення та регуляторів росту		
	контроль	H_1	MS
1	-	аденін – 0,5 мг/л	аденін – 0,5 мг/л
2	-	аденін – 1 мг/л	аденін – 1 мг/л
3	-	аденін – 2 мг/л	аденін – 2 мг/л

Таблиця 4 – **Вплив складу живильного середовища на вихід мікробульб,** 2021–2023 рр.

Варіант	Вихід мікробульб, %		
	Кіммерія	Княгиня	Слаута
Контроль	46	34	35
MS +0,5 мг/л аденіну	17	19	15
MS +1,0 мг/л аденіну	39	25	21
MS +2,0 мг/л аденіну	**53**	**39**	**37**
H_1 +0,5 мг/л аденіну	23	14	12
H_1 +1,0 мг/л аденіну	38	19	20
H_1 +2,0 мг/л аденіну	**51**	**37**	**36**

Висновки. Отже, в середньому за 2023–2025 рр. найбільше рослин, що утворили мікробульби після перенесення рослин у повну темряву спостерігали по сорту Слаута – 97 % рослин (контроль 93 %), найменше рослин, що утворили бульби було встановлено по сорту Кіммерія – 94 % рослин (контроль 90 % рослин). Масове утворення мікробульб спостерігалося на середовищі Мурасіге-Скуга за додавання 100 % макроелементів та 2 мг/л аденіну. Зокрема, вихід мікробульб становив: сорт Кіммерія – 53 % (контроль 46 %), сорт Княгиня – 39 % (контроль 34 %), сорт Слаута – 37 % (контроль 35 %). У варіанті середовище H_1 з додаванням 2 мг/л аденіну, вихід мікробульб становив: сорт Кіммерія – 51 % (контроль 46 %), сорт Княгиня – 37 % (контроль 34 %), сорт Слаута – 36 % (контроль 35 %).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження рослин: введення в культуру. Гончарівські читання: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Суми: СНАУ, 2020. С. 31–32.
2. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.Ан. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 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.

3. 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.
4. 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
5. 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.
6. Балашова Г.С., Лавриненко Ю.О., Котов Б.С. Вплив концентрації сахарози та фітогормонів на процес бульбоутворення картоплі в культурі столонів in vitro. Вісник аграрної науки. 2017. Т. 95. № 8. С. 51–55. DOI: 10.31073/agrovisnyk201708.
7. Khalil M.M., A.M.H. El Aal. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Effects of sucrose and growth regulators on the microtuberization ofcip potato (Solanum tuberosum) germplasm / Ali Shahid et al. Pak. J. Bot. 2018. 50(2). P. 763–768.
11. Dragan V., Ivana D., Branka V. Potato in vitro culture techniques and biotechnology. Global Science Books. 2017. P. 16–45.
12. 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.
13. Бондарчук А.А., Верменко Ю.Я., Рязанцев В.Б., Рязанцев М.В. Біотехнологія в насінництві картоплі. Вінниця, 2016. С. 42–43.
14. Кузьменко А.М., Палій Ю.І. Управління поливом при вирощуванні мінібульб. Аграрні технології України. 2018. № 2(1). С. 45–49.

15. Сидоренко В.П. Особливості підготовки ґрунту для мінібульб. Аграрний вісник. 2019. № 11(5). С. 22–26.

Федоров Л.Г. Роль добрив у вирощуванні насіннєвої картоплі. Журнал аграрної хімії. 2020. № 6(3). С. 34–40.

16. Шевченко Д.К. Фітосанітарний моніторинг при розмноженні картоплі. Фітопатологія та захист рослин. 2017. № 8(2). С. 19–24.

17. Бородай В.В., Кляченко О.Л. Особливості індукованого морфогенезу та регенерації генотипів *Solanum Tuberosum* L. української селекції. Наук. пр. зб. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 21. С. 205–211.

18. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Балашова Г.С. Оздоровлення картоплі в культурі in vitro: науково-методичні рекомендації. Ін-т зрош. землероб. Херсон, 2013. 20 с.

19. Лавриненко Ю.О., Балашова Г.С., Котова О.О. Вплив температури та інтенсивності освітлення на процеси бульбоутворення картоплі в культурі *in vitro*. Зрошуване землеробство. Херсон, 2012. Вип. 57. С. 165–171.

20. Картоплярство: методика дослідної справи / А.А. Бондарчук та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 652 с.

21. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве: Інтас, 2002. 182 с.

REFERENCES

1. Matskevych, V.V. (2020). 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.An. (2018). Osoblyvosti mikroklonalnoho rozmnozhennia vydiv roslyn [Peculiarities of microclonal reproduction of plant species]. Bila Tserkva, BNAU, 209 p.

3. Balashova, G.S., Kotova, O.I., Kotov, B.S. (2020). Indukcija bul'boutvorennja 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/agrar.innov.2020.1.12.

4. Balashova, G.S., Kotova, O.I., Kotov, B.S., Yuziuk, O.O. (2019). Vplyv zhyvyl'nogo seredovyshha na indukciju bul'boutvorennja 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.

5. 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

6. 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.

7. Balashova, H.S., Lavrynenko, Yu.O., Kotov, B.S. (2017). Vplyv koncentracii' saharozy ta fitogormoniv na proces bul'boutvorennja 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. Shahid, Ali, Naeem, Khan, Faisal, Nouroz, Shazia, Erum, Wajid, Nasim (2018). Effects of sucrose and growth regulators on the microtuberization ofcip potato (*Solanum tuberosum*) germplasm. Pak. J. Bot. Vol. 50(2), pp. 763–768.

12. Dragan, V., Ivana, D., Branka, V. (2018). Potato *in vitro* culture techniques and biotechnology. Global Science Books. pp. 16–45.

13. Shysha, O.M., Spivak, S.I., Tsyhankova, V.A., Iutynska, H.O., Biliavska, L.O., Yemets, A.I., Blium, Ya.B (2020). Zastosuvannja bioreguljatoriv mikrobnogo pohodzhennja dlja otrymannja in vitro linij kartopli z pidvyshhenoju stijkistju do parazytychnyh 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

14. Bondarchuk, A.A., Vermenko, Yu.Ia., Riazantsev, V.B., Riazantsev, M.V. (2016). Biotekhnolohiia v nasinnytstvi kartopli [Biotechnology in potato seed production]. Vinnytsia, pp. 42–43.

15. Kuzmenko, A.M., Palii, Yu.I. (2018). Upravlinnia polyvom pry vyroshchuvanni minibulb [Irrigation management when growing minibulbs]. Ahrarni tekhnolohii Ukrainy [Agricultural technologies of Ukraine]. no. 2(1), pp. 45–49.

16. Sydorenko, V.P. (2019). Osoblyvosti pidhotovky gruntu dlia minibulb [Features of soil preparation for minibulbs]. Ahrarnyi visnyk [Agrarian Bulletin]. no. 11(5), pp. 22–26.

17. 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.

18. Shevchenko, D.K. (2017). Fitosanitarnyi monitorynh pry rozmnozhenni kartopli [Phytosanitary monitoring during potato propagation]. Fitopatolohiia ta zakhyst roslyn [Phytopathology and plant protection]. no. 8(2), pp. 19–24.

19. Borodai, V.V., Kliachenko, O.L. (2014). Osoblyvosti indukovanogo morfogenezu ta regeneracii' genotypiv *Solanum Tuberosum* L. ukrai'ns'koi' selekcii' [Peculiarities of induced morphogenesis and regeneration of genotypes of *Solanum Tuberosum* L. ukrainian selection]. Nauk. pr. zb. In-tu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv [Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet]. Issue 21, pp. 205–211.

20. 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.

21. Lavrynenko, Yu.O., Balashova, H.S., Kotova, O.O. (2012). Vplyv temperatury ta intensyvnosti osvitlennja na procesy bul'boutvorennja kartopli v kul'turi in vitro [The influence of temperature and light intensity on the processes of potato tuber formation in in vitro culture]. Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated agriculture]. Issue 57, pp. 165–171.

22. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Oliynyk, T.M., Furdyga, M.M., Vyshnevskaya, O.V., Osipchuk, A.A., Zakharchuk, N.A. (2019). Kartoplyarstvo: metody`ka doslidnoyi spravy` [Potato growing: methods of research]. Vinnytsya, LLC «TVORY», 652 p.

23. Metody`chni rekomendaciyi shhodo provedennya doslidzhen` z kartopleyu [Methodical recommendations for conducting research with potatoes]. Nemishayeve, Intas, 2002, 182 p.

Tuber formation of different potato varieties in *in vitro* culture depending on the composition of the nutrient medium and lighting conditions

Kupriianova T.

The aim of the study was to determine the effect of nutrient medium composition and different lighting regimes on the process of tuber formation in various potato varieties under in vitro conditions.

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 objects of the study were potato varieties bred at the Institute of Potato Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine – Slauta, Kimmeria, and Knyaginya.

During the study, biotechnological methods of plant tissue and organ culture were used to obtain and propagate plants in vitro by cuttings in test tube culture on an agarized medium under sterile conditions.

The results showed a positive effect of different lighting regimes on plant growth and development in vitro. A certain relationship was established between shoot growth rate and tuber formation. Active tuber formation began when shoot growth slowed down or ceased completely. The first microtubers formed on the 36th day after planting the cuttings in the nutrient medium.

Mass formation of microtubers was observed on Murashige and Skoog (MS) medium supplemented with 100 % macronutrients and 2 mg/L adenine, which stimulates stolon formation and tuber initiation.

The microtuber yield was as follows: Kimmeria – 53 % (control 46 %), Knyaginya – 39 % (control 34 %), and Slauta – 37 % (control 35 %). In the H_1 medium supplemented with 2 mg/L adenine, the microtuber yield was: Kimmeria – 51 % (control 46 %), Knyaginya – 37 % (control 34 %), and Slauta – 36 % (control 35 %).

On average over 2023–2025, the highest percentage of plants forming microtubers after transfer to dark conditions was observed in the Slauta variety (97 % of plants; control 93 %), while the lowest was recorded in the Kimmeria variety (94 % of plants; control 90 %).

Key words: in vitro plants, agarized medium, microtubers, potatoes, macroelements.

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 631.5:633.853.494

Особливості формування врожаю ріпаку озимого залежно від передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення комплексними препаратами

Курач О.В.

Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН України

Курач О.В. Особливості формування врожаю ріпаку озимого залежно від передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення комплексними препаратами. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 80–88.

Kurach O. Characteristics of winter rapeseed yield formation depending on presowing seed treatment and foliar fertilization with complex formulations. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 80–88.

Рукопис отримано:26.01.2026 р.
Прийнято: 10.02.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-80-88

ISSN 2310-9270

Метою досліджень є вивчення особливостей формування врожаю ріпаку озимого та якості насіння в умовах Західного Лісостепу залежно від біологічного потенціалу досліджуваних гібридів та впливу чинників інтенсифікації на формування максимальної продуктивності.

В результаті проведених досліджень удосконалена технологія вирощування ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу, яка передбачає внесення мінеральних добрив в дозі $N_{120}P_{60}K_{90}$, оброблення насіння комплексним рідким мікродобривом, позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом у фазу весняної розетки ($BBCH_{32}$), у фазу початок бутонізації ($BBCH_{53}$).

Максимальне виживання рослин упродовж вегетаційного періоду було забезпечене передпосівним обробленням насіння комплексним мікродобривом (Оракул насіння, 1 л/т) і позакореневим підживленням органо-мінеральним добривом (Хелпрост, 1,0 л/га) – 93,8 % у сорту Атлант, 93,3 % у гібрида Паравллакс, 93,6–93,9 % у гібридів ДК Ексіма і ДК Експоз, за середньої густоти рослин перед збиранням врожаю 63,7; 57,7; 50,5; 52,8 шт./м^2 відповідно.

Значно вищі показники структури врожаю у сортогібридного складу спостерігалися за оброблення насіння комплексним мікродобривом (1 л/т) у поєднанні з дворазовим підживленням Хелпрост (1,0 л/га), де кількість стручків на рослині становила 134–148 шт.; кількість насінин у стручку – 22,5–26,5 г; маса 1000 насінин – 3,92–4,06 г відповідно.

Доведено, що за удосконалення елементів технології вирощування ріпаку озимого найбільший урожай 2,42 т/га у сорту Атлант, 3,14 т/га у гібрида Параллакс та 3,34 і 3,47 т/га у гібридів ДК Ексіма і ДК Експоз одержали за оброблення насіння комплексним мікродобривом Оракул насіння (1 л/т) сумісно із позакореневим підживленням у фазу весняної розетки і бутонізації органо-мінеральним добривом Хелпрост (1,0 л/га).

Ключові слова: ріпак озимий, оброблення насіння, позакореневе підживлення, комплексне мікродобриво, органо-мінеральне добриво, біопрепарат, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В Україні олійні культури традиційно є однією з найважливіших експортних груп сільськогосподарської продукції та мають стратегічне значення для забезпечення економічної й продовольчої безпеки держави. Ріпак сьогодні посідає провідне місце серед олійних культур, забезпечуючи стабільні врожаї, а прибуток від реалізації його насіння та продуктів переробки постійно зростає [1–3].

Завдяки науковим напрацюванням і практичним рекомендаціям таких учених як П. Вишнівський, Г. Гринишин, Д. Ковальчук, В. Коваль, В. Лихочвор, А. Панфілова, Г. Шьонбергер, О. Маслак та ін., досягнуто

значних успіхів у вирішенні питань технології вирощування ріпаку в Україні [4, 5].

За даними багатьох дослідників, для формування 1 т урожаю ріпаку озимого рослинам необхідно в середньому 50–70 кг азоту (N), 25–35 кг фосфору (P_2O_5), 40–70 кг калію (K_2O), 40–70 кг кальцію (CaO), 7–12 кг магнію (MgO), 10–20 кг сірки (S) та 80–120 г бору (B). Восени, під час формування листкової розетки (6–8 листків), кореневої системи (8–10 см) та кореневої шийки (8–10 мм), а також накопичення необхідних для перезимівлі запасів цукрів і пластичних речовин, рослини споживають близько 30 % азоту, 10 % фосфору, 20 % калію, 25 % сірки, 15 % магнію та 25 % бору від загальної потреби. Лише за умов високої родючості ґрунту та збалансованого мінерального живлення формується потенціал високої урожайності [6–8].

Протягом усього періоду вегетації важливо забезпечити рослини необхідними макро- та мікроелементами. За потреби мікроелементи й біологічно активні речовини доцільно вносити позакореневим способом. Серед технологічних заходів, що забезпечують успішну перезимівлю рослин і формування високої врожайності та якості насіння, важливу роль відіграють добрива для позакореневого підживлення [8–10].

Використання рідких органічних добрив у системі позакореневого підживлення ріпаку озимого є перспективним напрямом удосконалення інтенсивних технологій, що поєднує високу продуктивність із екологічною безпечністю виробництва. Тому розроблення новітніх підходів до вдосконалення елементів інтенсивної технології вирощування ріпаку озимого залишається актуальним напрямом наукових досліджень [11–13].

Мета досліджень – вивчення особливостей формування врожаю ріпаку озимого та якості насіння в умовах Західного Лісостепу залежно від біологічного потенціалу досліджуваних гібридів та впливу чинників інтенсифікації (добрива, позакореневе підживлення, мікродобрива) на зміну морфологічних показників рослин, формування максимальної продуктивності і одержання екологічно чистої конкурентної в ринковому середовищі продукції.

Матеріал і методи дослідження. В основу досліджень покладені польові досліди з використанням методів: підрахунково-вагового – для визначення параметрів структури врожаю і врожайності насіння; хімічного – для визначення вмісту елементів живлення в ґрунті; математико-статистичного – для оцінки достовірності результатів досліджень; розрахунково-порівняльного – для визначення економічної ефективності елементів технології вирощування культури.

Дослід закладений на чорноземі типовому слабогумусованому легкосуглинковому. В основу дослідження були покладені – сортогібридний склад (фактор А): 1. Атлант. 2. Параллакс. 3. ДК Ексіма. 4. ДК Експоз. Фактор В – оброблення насіння: 1. Без оброблення (контроль). 2. Оракул насіння (1 л/т). Фактор С – позакореневе підживлення: 1. Без підживлення (контроль). 2. Органік баланс (1,0 л/га). 3. Хелпрост (1,0 л/га). Підживлення проводились: у фазу весняної розетки ($BBCH_{32}$), у фазу початок бутонізації ($BBCH_{53}$).

Мінеральні добрива вносили в дозі $N_{120}P_{60}K_{90}$ у формі аміачної селітри, амофосу, сульфату амонію, хлористого калію.

Для обробки насіння застосовували **ОРАКУЛ® насіння** – це унікальне комплексне рідке мікродобриво для обробки насіння польових, овочевих та інших культур, яке забезпечує рослини доступними елементами живлення, починаючи з найбільш ранніх фаз росту і розвитку. Завдяки наявності доступних мікроелементів, в насінні максимально активізуються ферментативні процеси. Склад добрива: азот (N) – 20 г/л, фосфор (P_2O_5) – 99 г/л, калій (K_2O) – 65 г/л, сірка (SO_3) – 57 г/л, залізо (Fe) – 15 г/л, мідь (Cu) – 5,4 г/л, цинк (Zn) – 5,4 г/л, бор (B) – 1,8 г/л, марганець (Mn) – 15 г/л, кобальт (Co) – 0,1 г/л, молібден (Mo) – 0,4 г/л.

Для позакореневого підживлення використовували **Органік баланс** – це біопрепарат для стимуляції росту та розвитку сільськогосподарських культур, стійкості до стресів та збалансованого живлення. До складу якого входять: азотфіксуючі бактерії, які забезпечують рослини доступним для живлення азотом; фосфор- та каліймобілізуючі – перетворюють важкорозчинні сполуки на доступні для живлення рослин форми фосфору, калію; бактерії з фунгіцидними властивостями, що захищають рослини від бактеріальних та грибних хвороб.

Хелпрост – це органо-мінеральне добриво регулює ріст та розвиток рослин: сприяє формуванню потужної кореневої системи, збільшенню кількості продуктивних стебел і площі листкової поверхні, забезпечує рівномірне цвітіння, впливає на збільшення кількості стручків і насінин. До складу препарату входять: макроелементи (N–7,5; P–4,5; K–5,1); мезоелементи (S–2,6; Mg–2,5); мікроелементи (B–1,2; Zn–0,5; Fe–0,15;

Mn–2,0; Cu–0,4); біологічно активні речовини: вітаміни–0,01; амінокислоти–1,0; пептиди–0,5; полісахариди–0,05.

Захист культури від хвороб, шкідників і бур'янів проводили за інтенсивною технологією.

Результати досліджень та обговорення. Ріпак озимий (*Brassica napus* L.) потребує суворого дотримання технології вирощування, особливо під час сівби, і значною мірою залежить від погодних умов протягом усього періоду вегетації [14, 15].

Результатами досліджень встановлено, що середній відсоток перезимівлі у сорту Атлант на контролі насіння становив 86,4–86,6 %, тимчасом за оброблення препаратом Оракул насіння (1 л/т) цей показник зріс до 88,1–89,0 %.

Виживання рослин протягом вегетаційного періоду ріпаку озимого коливалось від 88,1 до 93,9 % та повною мірою залежало від досліджуваних чинників: оброблення насіння, позакореневого підживлення. Застосування дворазового позакореневого підживлення у фазу розетки і бутонізації органо-мінерального добрива Хелпрост (1,0 л/га) та біопрепарату Органік баланс (1,0 л/га) у сорту Атлант покращило виживання рослин, яке знаходилось в межах 93,1–93,8 % і 92,4–93,0 %, тимчасом на контролі (без підживлення) показники були дещо нижчими – 89,1–89,6 %.

У гібрида Параллакс ступінь перезимівлі знаходився в межах 88,1–89,0 % на варіантах з обробленням насіння мікродобривом Оракул насіння (1 л/га). Найбільшою густота рослин перед збиранням врожаю формувалась за позакореневого підживлення у фазу розетки і бутонізації біопрепаратом Органік баланс (1,0 л/га) та органо-мінеральним Хелпрост (1,0 л/га) сумісно з обробленням насіння і становила 57,2–57,7 шт./м^2 та була вищою за контроль (без підживлення) на 4,0–5,0 шт./м^2. Виживання рослин у гібрида Параллакс протягом вегетаційного періоду коливалось від 88,3 до 93,3 % та повною мірою залежало від досліджуваних чинників.

Результатами досліджень встановлено, що ступінь перезимівлі у гібрида ДК Ексіма був у межах 87,1–89,4 %. Доведено, що за оброблення насіння комплексним мікродобривом в поєднанні з позакореневим підживленням у фазу розетки і бутонізації біопрепаратом Органік баланс (1,0 л/га) та органо-мінеральним добривом Хелпрост (1,0 л/га) виживання рослин покращилось протягом вегетаційного періоду і становило від 88,1 до 93,6 % за густоти рослин на час збирання, яка була найвищою – 45,8–49,9 шт./м^2 і 45,8–50,5 шт./м^2, тимчасом на варіанті без оброблення (контроль) – 44,0–47,3 шт./м^2 (рис. 1).

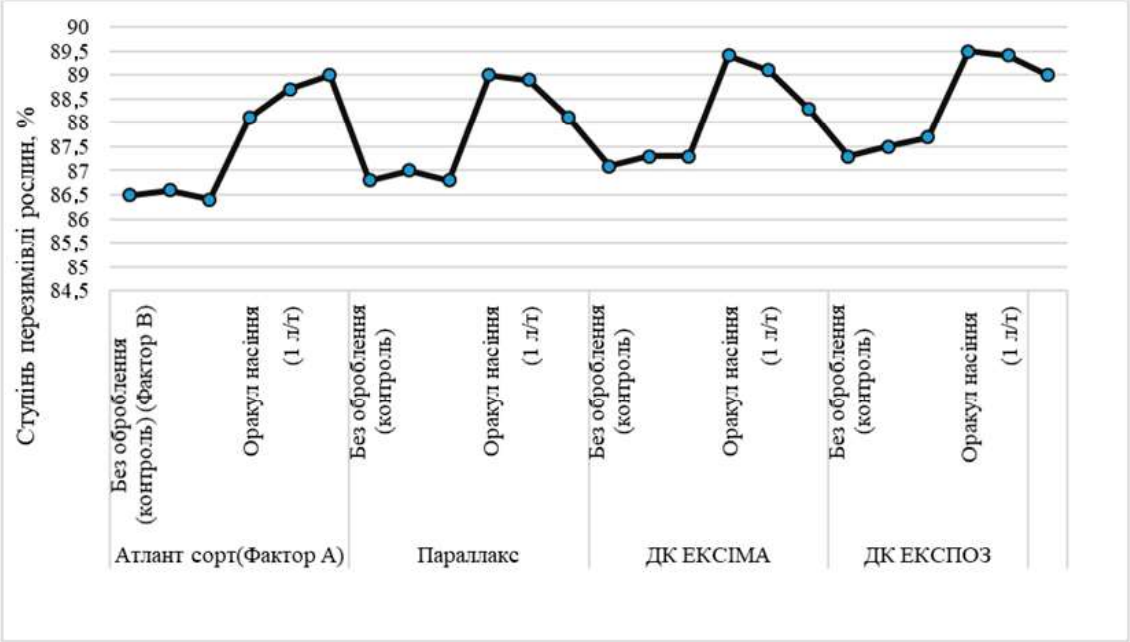


Рис. 1. **Ступінь перезимівлі рослин ріпаку озимого залежно від оброблення насіння комплексним мікродобривом,** % (середнє за 2024–2025 рр.).

За результатами досліджень було виявлено, що оброблення насіння та позакореневе підживлення у фазу розетки і бутонізації біопрепаратом Органік баланс (1,0 л/га) та органо-мінеральним добривом Хелпрост (1,0 л/га) забезпечило формування оптимальної густоти рослин у гібрида ДК Експоз перед збиранням врожаю, яка становила 45,6–50,7 шт./м^2 і 48,6–52,8 шт./м^2 та перевищила контроль (без обробки) – на 6–11 %. Виживання протягом вегетаційного періоду знаходилося в межах від 88,9 до 93,9 %, і залежало від оброблення насіння комплексним мікродобривом і позакореневого підживлення у період весняної вегетації (рис. 2).

нижчими: висота – 108–126 см, кількість стручків – 119–148 шт., кількість насінин у стручку – 16,5–21,1 шт., маса 1000 насінин – 3,85–3,89 г (табл. 1).

Аналогічно спостерігалася тенденція розвитку морфологічних ознак у рослин гібрида Параллакс і були найнижчими на контролі (без оброблення насіння), де середня висота рослин становила 105–135 см, кількість стручків на рослині – 177–207 шт., кількість насінин у стручку – 18,0–20,9 шт., маса 1000 насінин – 3,87–3,90 г.

Враховуючи попередні дані, у гібрида ДК Ексіма спостерігалася подібна тенденція за оброблення насіння комплексним мікро-

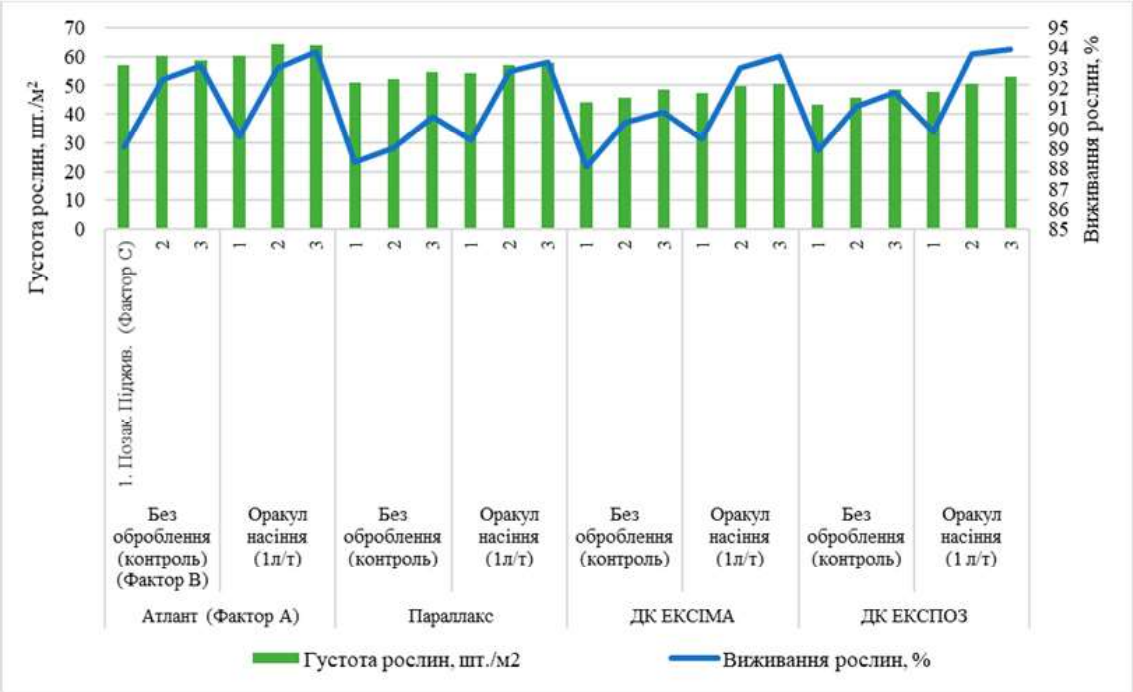


Рис. 2. **Густота і виживання рослин ріпаку озимого залежно від позакореневого підживлення та оброблення насіння мікродобривом,** шт./м^2 (середнє за 2024–2025 рр.).

Високі показники морфологічних ознак в середньому за роки дослідження встановлено у сорту Атлант за оброблення насіння комплексним мікродобривом Оракул насіння (1 л/т) у поєднанні із позакореневим підживленням у фазу розетки і бутонізації біопрепаратом Органік баланс (1,0 л/га) і рідким добривом Хелпрост (1,0 л/га). Висота рослин становила 114–134 см, кількість стручків на рослині – 124–155 шт., кількість насінин у стручку – 19,8–22,5 шт., маса 1000 насінин – 3,88–3,92 г. На контрольному варіанті (без оброблення) ці показники були

добривом Оракул (1 л/т) у поєднанні із позакореневим підживленням Органік баланс (1,0 л/га) та Хелпрост (1,0 л/га). Висота рослин на контролі (без оброблення) коливалася в межах від 112 до 141 см, тимчасом за застосування Оракул насіння (1 л/т) сумісно із підживленням – 115–146 см, що перевищувало контроль в середньому на 3–4 %. Кількість стручків на одній рослині на контролі становила 186–216 шт., а за оброблення насіння та позакореневого підживлення біопрепаратом і органо-мінеральним добривом – 191–221 шт., перевищення становило близько 2–3 %.

Кількість насінин у стручку на контролі була 22,7–26,3 шт., а після застосування Оракул насіння і підживлення зросла до 23,0–26,5 шт., що перевищувало контроль на 1–2 %. Маса 1000 насінин на контролі знаходилась в межах 3,99–4,01 г, а за оброблення насіння та підживлення спостерігалось незначне підвищення до 4,04 г, тобто до 1 %.

Гібрид ДК Експоз характеризувався найвищими показниками структури врожаю серед досліджуваних гібридів за оброблення насіння мікродобривом Оракул насіння (1 л/т) у поєднанні із позакореневим підживленням Органік баланс (1,0 л/га) та органо-мінеральним добривом Хелпрост (1,0 л/га). Висота рослин на контролі коливалася в межах 115–143 см, а після застосування Оракул насіння (1 л/т) і підживлення – 118–148 см, що перевищувало контроль без оброблення на 2–5 %. Кількість стручків на одній рослині на контролі становила 222–250 шт., а за оброблення насіння та позакореневого підживлення – 228–256 шт. у період весняної вегетації, та вище контролю на 2–4 %. Кількість насінин у стручку на контролі була 21,3–23,3 шт., а після застосування дворазового позакореневого підживлення із обробленням насіння комплексним мікродобривом – 22,9–26,5 шт., перевищення становило 5–14 %. Маса 1000 насінин на контролі становила 3,99–4,03 г, а за передпосівного оброблення насіння і дворазового позакореневого підживлення Органік баланс (1 л/т) і Хелпрост (1,0 л/га) – 4,01–4,06 г, що свідчить про незначне підвищення, в середньому до 2 %.

Отже, застосування Оракул насіння у поєднанні з позакореневим підживленням органо-мінеральним добривом і біопрепаратом сприяло покращенню продуктивної структури рослин та формуванню умов для підвищення врожайності. Результати досліджень свідчать про чітку закономірність у формуванні врожайності сорту Атлант та гібридів Параллакс, ДК Ексіма і ДК Експоз залежно від оброблення насіння препаратом Оракул насіння (1 л/т) та позакореневого підживлення у фазу розетки і бутонізації препаратом Хелпрост (1,0 л/га) та біопрепаратом Органік баланс (1 л/га).

Таблиця 1 – **Вплив позакореневого підживлення та оброблення насіння мікродобривом на параметри морфологічних ознак рослин ріпаку озимого** (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт	Оброблення насіння	Позакореневе підживлення	Висота рослин, см	Кількість стручків на 1 рослині, шт.	Кількість насінин в стручку, шт.	Маса 1000 насінин, г
Атлант	Без оброблення (контроль)	1	108	119	16,5	3,85
		2	118	134	20,6	3,87
		3	126	148	21,1	3,89
	Оракул насіння (1 л/т)	1	114	124	19,8	3,88
		2	132	142	22,1	3,90
		3	134	155	22,5	3,92
Паралакс	Без оброблення (контроль)	1	105	177	18,0	3,87
		2	127	185	20,2	3,89
		3	135	207	20,9	3,90
	Оракул насіння (1 л/т)	1	109	182	20,9	3,88
		2	133	205	24,0	3,91
		3	143	222	24,3	3,94
ДК ЕКСІМА	Без оброблення (контроль)	1	112	186	21,2	3,97
		2	133	202	22,2	3,99
		3	141	216	22,6	4,01
	Оракул насіння (1 л/т)	1	115	191	22,7	3,99
		2	136	206	24,7	4,02
		3	146	221	26,3	4,04
ДК ЕКСПОЗ	Без оброблення (контроль)	1	115	222	21,3	3,99
		2	134	239	22,5	4,01
		3	143	250	23,3	4,03
	Оракул насіння (1 л/т)	1	118	228	22,9	4,01
		2	142	246	24,9	4,03
		3	148	256	26,5	4,06

Примітка: позакореневе підживлення у варіантах 2–3 проводили згідно зі схемою досліду.

Дослідження показали, що найвищий врожай ріпаку озимого спостерігався за оброблення насіння комплексним мікродобривом Оракул (1 л/т) та внесення у позакореневе підживлення у фазу весняної розетки і бутонізації органо-мінерального добрива Хелпрост (1,0 л/га): ДК Експоз – 3,47 т/га, ДК Ексіма –3,34 т/га, Параллакс – 3,14 т/га та Атлант – 2,42 т/га (табл. 2).

За внесення біопрепарату Органік баланс (1,0 л/га) у фазу розетки і бутонізації з обробленням насіння також спостерігається зростання врожаю: у гібридів ДК Експоз – до 3,35 т/га, ДК Ексіма – 3,24 т/га, Параллакс – 3,05 т/га та сорту Атлант – 2,33 т/га, тимчасом на контролі (без оброблення насіння і підживлення) врожайність знизилась до становила: 2,93; 2,89; 2,73 та 2,12 т/га відповідно.

Найвищий приріст від оброблення насіння препаратом Оракул насіння (1 л/т) спостерігався у гібридів ДК Експоз – 0,11–0,12 т/га, та ДК Ексіма – 0,09–0,10 т/га порівняно з контролем (без оброблення). Для гібрида Параллакс приріст становив 0,10 т/га, а у сорту Атлант – 0,07–0,08 т/га.

Позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост 1,0 л/га та біопрепаратом Органік баланс 1,0 л/га додатково підвищувало врожай: у ДК Експоз приріст досягав 0,35–0,47 т/га (11,7–15,7 %), у ДК Ексіма – 0,28–0,38 т/га (9,5–12,8 %), у Параллакс – 0,23–0,32 т/га (8,2–11,3 %), а у Атлант – 0,14–0,23 т/га (6,4–10,5 %) порівняно з варіантами без підживлення.

Таблиця 2 – **Урожайність насіння ріпаку озимого залежно від позакореневого підживлення та оброблення насіння мікродобривом** (середнє за 2024–2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Оброблення насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення (фактор С)	Урожайність, т/га	Приріст врожаю			
				від оброблення насіння		від позакореневого підживлення	
				т/га	%	т/га	%
Атлант	Без оброблення (контроль)	1	2,12	-	-	-	-
		2	2,28	-	-	0,16	7,5
		3	2,34	-	-	0,22	10,4
	Оракул насіння (1 л/т)	1	2,19	0,07	3,3	-	-
		2	2,33	0,05	2,2	0,14	6,4
		3	2,42	0,08	3,4	0,23	10,5
Параллакс	Без оброблення (контроль)	1	2,73	-	-	-	-
		2	2,95	-	-	0,22	8,1
		3	3,04	-	-	0,31	11,4
	Оракул насіння (1 л/т)	1	2,82	0,09	3,3	-	-
		2	3,05	0,10	3,4	0,23	8,2
		3	3,14	0,10	3,3	0,32	11,3
ДК ЕКСІМА	Без оброблення (контроль)	1	2,89	-	-	-	-
		2	3,15	-	-	0,26	9,0
		3	3,24	-	-	0,35	12,1
	Оракул насіння (1 л/т)	1	2,96	0,07	2,4	-	-
		2	3,24	0,09	2,9	0,28	9,5
		3	3,34	0,10	3,1	0,38	12,8
ДК ЕКСПОЗ	Без оброблення (контроль)	1	2,93	-	-	-	-
		2	3,24	-	-	0,31	10,6
		3	3,35	-	-	0,42	14,3
	Оракул насіння (1 л/т)	1	3,00	0,07	2,4	-	-
		2	3,35	0,11	3,4	0,35	11,7
		3	3,47	0,12	3,6	0,47	15,7

Примітка: позакореневе підживлення у варіантах 2–3 проводили згідно зі схемою досліду $НІР_{05}$, т/га А – 0,19, В – 0,13, С – 0,16, АВС – 0,35.

Доведено, що ріпак озимий добре реагує на позакореневі підживлення легкодоступними сполуками азоту, сірки, бору, магнію, марганцю, цинку, молібдену та кобальту [15, 16]. Водночас останніми роками зростає інтерес до використання органічних добрив і біопрепаратів для позакореневого живлення цієї культури. Такі засоби містять природні сполуки – амінокислоти, гумінові та фульвові кислоти, екстракти морських водоростей, органічні кислоти та біостимулятори, які сприяють активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах ріпаку озимого [17, 18].

Позакореневе підживлення органічними препаратами стимулює ріст і розвиток кореневої системи, підвищує стійкість рослин до несприятливих умов перезимівлі, посухи та весняних заморозків, а також покращує засвоєння елементів живлення з ґрунту. Завдяки цьому підвищується ефективність використання мінеральних добрив, формується більша кількість генеративних органів і покращуються якісні показники врожаю –вміст олії, маса 1000 насінин та рівномірність достигання [19, 20].

Висновок. Рекомендується для умов Західного Лісостепу удосконалена технологія вирощування сортогібридного складу ріпаку озимого, яка передбачає мінеральне удобрення в дозі $N_{120}P_{60}K_{90}$ за оброблення насіння комплексним мікродобривом Оракул насіння (1 л/т) та позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост (1,0 л/га) у фазу весняної розетки і бутонізації, що забезпечує найвищі показники структури врожаю: кількість стручків на рослині – 134 шт. у сорту Атлант, 143 шт. у гібрида Паралакс, 146 шт. у ДК Ексіма та 148 шт. у ДК Експоз; кількість насінин у стручку – 22,5; 24,3; 26,3 та 26,5 г; маса 1000 насінин – 3,92; 3,94; 4,04 та 4,06 г, що обумовило отримання максимального рівня урожайності, відповідно 2,42; 3,14; 3,34; 3,47 т/га.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мацера О.О. Дослідження формування показників економічної ефективності вирощування ріпаку озимого залежно від елементів технології. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 14. С. 106–117. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2019_14_11

2. Кернасюк Ю. Глобальний і внутрішній ринки ріпаку. Агробізнес сьогодні. 2022. № 13–14. С. 12–13.

3. Кернасюк Ю. Ринок ріпаку: основні тренди й тенденції. Агробізнес сьогодні. 2018. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/11295-rynok-ripaku-osnovni-trendy-itendentsii.html

4. Scientific approaches and practical recommendations for improving winter rapeseed cultivation technology in Ukraine / P. Vishnivskyi et al. Agricultural Science Journal of Ukraine. 2021. 15(3). P. 45–54.

5. Kononenko L.M., Panfilova A.V., Manzii O.P. Content of chemical components and productivity of winter rapes depending on variety features in the right bank forest steppe of Ukraine. Bulletin of Uman National University of Horticulture. 2022. 100(1). P. 231–241.

6. Добрива для ріпаку. URL: https://aidamin.com/ua/agrokonsalting /mikrodobriva-dlya-ripaku

7. Марков І. Інтенсивна технологія вирощування ріпаку. Агробізнес сьогодні: тематичний додаток. 2011. № 10(209). 20 с.

8. Сендецький В.М., Мельничук Т.В., Сендецький І.В. Продуктивність ріпаку озимого за удосконалення технології вирощування в умовах Лісостепу Західного. Таврійський науковий вісник. 2023. № 131. С. 188–195. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.24.

9. Мазур В.А., Дідур І.М., Циганський В.І., Маламура С.В. Формування продуктивності гібридів соняшника залежно від рівня удобрення та умов зволоження. Сільське господарство та лісівництво. Вінниця: ВНАУ, 2020. № 19. С. 208–220.

10. Мацера О. Формування продуктивності озимого ріпаку: нові рішення і технології. Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. No 56 (1). P. 3–11. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-56-1-3.

11. Яковенко О.О., Присяжнюк О.І. Позакореневе підживлення сільськогосподарських культур: ефективність застосування органічних та мінеральних добрив. Вісник аграрної науки. 2020. № 7. С. 35–41.

12. Господаренко Г. Удобрення ріпаку. URL: https://propozitsiya.comuaudobre nnya-ripaku-0

13. Деребон І.Ю., Малик К.В., Овдійчук В.П. Якість ріпаку озимого залежно від удобрення. Сільське господарство сьогодення: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених. ЖНАЕУ, 2019. С. 129–130.

14. Забарний О.С., Забарна Т.А. Особливості догляду за посівами ріпаку озимого у весняний період. Сільське господарство та лісівництво. 2024. № 1(32). С. 50–61. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-5.

15. Adamovics A., Berkis R., Antipova L. Non-traditional fertilizers to optimize winter rape nutrition. Bulletin of the Agricultural Science of the Black Sea Region. 2022. Vol. 26(4). P. 63–72.

16. Берднікова О.Г. Елементи живлення ріпаку озимого в умовах Півдня України. Херсонський державний аграрний університет. 2020. С. 56–60.

17. Терещенко Н. Ріпак озимий чи ярий? URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/21949-ripak-ozymyi-chy-iaryi.html

18. Петренко Л.В. Технологічні аспекти застосування органічних добрив при вирощуванні озимого ріпаку. Агропромисловий комплекс України. 2021. № 12. С. 44–48.

19. Гамаюнова В.В., Гаро І.М. Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого залежно від впливу елементів технології в умовах лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2021. Вип. 3. С. 38–45.

20. Кулик М.М., Руденко І.С. Вплив органічних позакореневих добрив на продуктивність озимого ріпаку в умовах Лісостепу України. Агроекологічний журнал. 2023. № 4. С. 18–24.

REFERENCES

1. Matsera, O.O. (2019). Doslidzhennia formuvannia pokaznykiv ekonomichnoi efektyvnosti vyroshchuvannia ripaku ozymoho zalezhno vid elementiv tekhnolohii [Research on the formation of indicators of economic efficiency of winter rapeseed cultivation depending on technological elements]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]. no. 14, pp. 106–117. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2019_14_11

2. Kernasiuk, Yu. (2022). Hlobalnyi i vnutrishnii rynky ripaku [Global and domestic rapeseed markets]. Ahrobiznes sohodni [Agribusiness Today]. no. 13–14, pp. 12–13.

3. Kernasiuk, Yu. (2018). Rynok ripaku: osnovni trendy y tendentsii [Rapeseed market: main trends and tendencies]. Ahrobiznes sohodni [Agribusiness Today]. Available at: http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/11295-rynok-ripaku-osnovni-trendy-itendentsii.html

4. Vishnivskyi, P., Hrynishyn, H., Kovalchuk, D., Koval, V., Lykhochvor, V., Panfilova, A., Schonberger, H., Maslak, O. (2021). Scientific approaches and practical recommendations for improving winter rapeseed cultivation technology in Ukraine. Agricultural Science Journal of Ukraine. Vol. 15, no. 3, pp. 45–54.

5. Kononenko, L.M., Panfilova, A.V., Manzii, O.P. (2022). Content of chemical components and productivity of winter rapeseed depending on variety features in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Bulletin of Uman National University of Horticulture. Vol. 100, no. 1, pp. 231–241.

6. Dobryva dlia ripaku [Fertilizers for rapeseed]. Available at: https://aidamin.com/ua/agrokonsalting/mikrodobriva-dlya-ripaku

7. Markov, I. (2011). Intensyvna tekhnolohiia vyroshchuvannia ripaku [Intensive technology of rapeseed cultivation]. Ahrobiznes sohodni: tematychnyy dodatok [Agribusiness Today: thematic supplement]. no. 10(209), 20 p.

8. Sendetskyi, V.M., Melnychuk, T.V., Sendetskyi, I.V. (2023). Produktyvnist ripaku ozymoho za udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Productivity of winter rapeseed under improvement of cultivation technology in the Western Forest-Steppe]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. no. 131, pp. 188–195. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.24

9. Mazur, V.A., Didur, I.M., Tsygansky, V.I., Malamura, S.V. (2020). Formuvannia produktyvnosti hibrydiv soniashnyka zalezhno vid rivnia udobrennia ta umov zvolozhennia [Formation of sunflower hybrid productivity depending on fertilization level and moisture conditions]. Sil′s′ke hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]. no. 19, pp. 208–220.

10. Matsera, O. (2021). Formuvannia produktyvnosti ozymoho ripaku: novi rishennia i tekhnolohii [Formation of winter rapeseed productivity: new solutions and technologies]. Norwegian Journal of Development of the International Science. no. 56 (1), pp. 3–11. DOI: 10.24412/3453-9875-2021-56-1-3

11. Yakovenko, O.O., Prysiazhniuk, O.I. (2020). Pozakoreneve pidzhyvlennia sil′s′kohospodars′kykh kultur: efektyvnist zastosuvannia orhanichnykh ta mineralnykh dobryv [Foliar fertilization of crops: efficiency of organic and mineral fertilizers]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agrarian Science]. no. 7, pp. 35–41.

12. Hospodarenko, H. (2024). Udobrennia ripaku [Rapeseed fertilization]. Available at: https://propozitsiya.com/ua/udobrennya-ripaku-0

13. Derebon, I.Yu., Malyk, K.V., Ovdiichuk, V.P. (2019). Yakist ripaku ozymoho zalezhno vid udobrennia [Quality of winter rapeseed depending on fertilization]. Sil′s′ke hospodarstvo sohodennia: zbirnyk tez dopovidey Vseukrayins′koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh [Agriculture Today: Conference Proceedings]. ZhNAEU, pp. 129–130.

14. Zabarnyi, O.S., Zabarna, T.A. (2024). Osoblyvosti dohliadu za posivamy ripaku ozymoho u vesnianyi period [Features of winter rapeseed crop care in spring]. Sil′s′ke hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]. no. 1 (32), pp. 50–61. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-5

15. Adamovics, A., Berkis, R., Antipova, L. (2022). Non-traditional fertilizers to optimize winter rape nutrition. Bulletin of the Agricultural Science of the Black Sea Region. Vol. 26, no. 4, pp. 63–72.

16. Berdnikova, O.H. (2020). Elementy zhyvlennia ripaku ozymoho v umovakh Pivdnia Ukrainy [Nutrient elements of winter rapeseed in the conditions of Southern Ukraine]. Kherson State Agrarian University, pp. 56–60.

17. Kulyk, M.M., Rudenko, I.S. (2023). Vplyv orhanichnykh pozakorenevykh dobryv na produktyvnist ozymoho ripaku v umovakh Lisostepu Ukrainy [Influence of organic foliar fertilizers on winter rapeseed productivity in the Forest-Steppe of Ukraine]. Ahroekolohichnyi zhurnal [Agroecological Journal]. no. 4, pp. 18–24.

18. Petrenko, L.V. (2021). Tekhnolohichni aspekty zastosuvannia orhanichnykh dobryv pry vyroshchuvanni ozymoho ripaku [Technological aspects of organic fertilizer application in winter rapeseed cultivation]. Ahropromyslovyi kompleks Ukrainy [Agro-Industrial Complex of Ukraine]. no. 12, pp. 44–48.

19. Hamaiunova, V.V., Haro, I.M. (2021). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia ripaku ozymoho zalezhno vid elementiv tekhnolohii v umovakh Lisostepu Ukrainy [Economic efficiency of winter rapeseed cultivation depending on technological elements in the Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region]. no. 3, pp. 38–45.

20. Tereshchenko, N. (2024). Ripak ozymyi chy yaryi? [Winter or spring rapeseed?]. Available at: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/21949-ripak-ozymyi-chy-iaryi.html

Characteristics of winter rapeseed yield formation depending on pre-sowing seed treatment and foliar fertilization with complex formulations

Kurach O.

The aim of the study was to investigate the features of winter rapeseed yield formation and seed quality under the conditions of the Western Forest-Steppe, depending on the biological potential of the studied hybrids and the effect of intensification factors on the achievement of maximum productivity.

As a result of the research, the technology for winter rapeseed cultivation in the Western Forest-Steppe was improved. It involves the application of mineral fertilizers at a rate of $N_{120}P_{60}K_{90}$, seed treatment with a complex liquid micronutrient fertilizer, and foliar application of an organo-mineral fertilizer at the rosette stage (BBCH 32) and at the budding stage (BBCH 53).

Maximum plant survival during the growing season was ensured by pre-sowing seed treatment with a complex micronutrient fertilizer (Oracle Seeds, 1 L/t) combined with foliar application of an organo-mineral fertilizer (Helprost, 1.0 L/ha): 93.8 % in the Atlant variety, 93.3 % in the Parallax hybrid, and 93.6–93.9 % in the DK Exima and DK Expose hybrids, with an average plant density before harvesting of 63.7, 57.7, 50.5, and 52.8 plants/m², respectively.

Significantly higher yield structure parameters in the variety–hybrid combinations were observed when seeds were treated with a complex micronutrient fertilizer (1 L/t) in combination with two foliar applications of Helprost (1.0 L/ha). Under these conditions, the number of pods per plant was 134–148, the number of seeds per pod was 22.5–26.5, and the thousand-seed weight was 3.92–4.06 g.

It was established that improving the elements of winter rapeseed cultivation technology ensured the highest yields: 2.42 t/ha for the Atlant variety, 3.14 t/ha for the Parallax hybrid, and 3.34 and 3.47 t/ha for the DK Exima and DK Expose hybrids. These results were obtained with seed treatment using the complex micronutrient fertilizer Oracle Seeds (1 L/t) combined with foliar application of the organo-mineral fertilizer Helprost (1.0 L/ha) at the rosette and budding stages.

Key words: winter rapeseed, solution treatment, foliar feeding, complex micronutrients, organo-mineral nutrients, biological product, productivity.

Copyright: Курач О.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:
Курач О.В. https://orcid.org/0000-0002-1343-097X

АГРОНОМІЯ

УДК 633.358:632.51:632.954

Особливості формування урожайності сортів квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) різних груп стиглості за систем захисту посівів від бур'янів

Мороз О.В., Карпук Л.М.

Білоцерківський національний аграрний університет

Мороз О.В., Карпук Л.М. Особливості формування урожайності сортів квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) різних груп стиглості за систем захисту посівів від бур'янів. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 89–100.

Moroz O., Karpuk L. Features of yield formation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties of different maturity groups under weed control systems. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 89–100.

Рукопис отримано: 02.03.2026 р.
Прийнято: 17.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-89-100

ISSN 2310-9270

У статті наведено результати дослідження ефективності систем захисту посівів квасолі звичайної від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України. Вивчали особливості росту, розвитку та формування продуктивності сортів квасолі різних груп стиглості залежно від гербіцидного захисту. Польові дослідження проводили у 2024–2025 рр. на дослідній ділянці ТДВ «Терезине» Білоцерківського району Київської області. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений середньосуглинковий. Дослід був двофакторним: фактор А – сорти квасолі Апекс (середньоранній) і Буковинка (середньостиглий); фактор В – гербіцидні системи захисту від бур'янів: без обробки (контроль), Пульсар Флекс 1,7 л/га та Пульсар Флекс 2,0 л/га у фазу BBCH 13–14. Встановлено, що застосування гербіцидного захисту сприяло зниженню забур'яненості посівів, покращенню ростових процесів, формуванню потужнішого листкового апарату та підвищенню продуктивності культури. У середньому за 2024–2025 рр. ефективність контролю бур'янів за норми 1,7 л/га становила 83–87 %, а за норми 2,0 л/га – 93–95 %. За гербіцидного захисту висота рослин у фазах бутонізації та повного цвітіння перевищувала контроль на 5–9 см. Застосування Пульсар Флекс позитивно впливало на формування елементів структури врожаю та масу 1000 насінин. Найвищу врожайність забезпечив варіант із внесенням Пульсар Флекс 2,0 л/га: у середньому за два роки вона становила 2,66 т/га у сорту Апекс і 2,45 т/га у сорту Буковинка, що перевищувало контроль відповідно на 20,9 і 19,5 %. Виявлено, що фітотоксичність препарату мала короткочасний і слабко виражений прояв та не призводила до істотного зниження продуктивності рослин. Отже, застосування Пульсар Флекс у фазу BBCH 13–14 є ефективним елементом технології вирощування квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України, а найвищу агрономічну ефективність забезпечує норма 2,0 л/га.

Ключові слова: квасоля звичайна, сорт, бур'яни, гербіцидний захист, Пульсар Флекс, ріст і розвиток, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) належить до провідних зернобобових культур, які поєднують високу продовольчу цінність із важливою агроекологічною функцією в сівозмінах. За даними оглядових праць, квасоля є доступним джерелом рослинного білка й вуглеводів та містить істотні концентрації мінеральних елементів (зокрема Fe і Zn), що визначає її значення для харчування і кормовиробництва [1]. Водночас її продукційний потенціал істотно лімітується абіотичними чинниками (нестійке зволоження, температурні коливання) і, особливо, конкуренцією з бур'янами на ранніх етапах органогенезу.

У технології вирощування квасолі одним із найбільш уразливих елементів залишається захист посівів від бур'янів. Культура в початкові фази розвитку формує відносно малоконкурентний листковий апарат, повільно змикає міжряддя, а тому поступається бур'янам у боротьбі за світло, ґрунтову вологу та елементи живлення. Практично це проявляється у зменшенні листкової поверхні (LAI), зниженні інтенсивності фотосинтезу, редукції генеративних органів і, зрештою, у втраті врожайності, яку вже неможливо повністю компенсувати навіть за «пізнього» очищення посіву.

Сучасні дані щодо критичного періоду контролю бур'янів у квасолі є достатньо переконливими: у класичних дослідженнях встановлено, що для сухої квасолі критичний період контролю бур'янів припадає орієнтовно на 3–5(6) тижнів після сівби, тобто саме ранній старт і безперервність контролю в цей проміжок визначають рівень збереження врожаю. Конкретизуючи шкодочинність бур'янів, польові спостереження показали, що сезонна (тривала) інтерференція бур'янів може зумовлювати істотне зниження врожайності сухої квасолі, насамперед через скорочення кількості бобів і насінин [2–3]. Узагальнені оцінки для Північної Америки також демонструють «ціну» неконтрольованого забур'янення: у середньому втрати врожаю сухої квасолі від бур'янів за відсутності заходів контролю оцінювалися на рівні понад 70 % [4]. У контексті сучасної фізіології важливо, що негативний ефект бур'янів не зводиться лише до прямої конкуренції за ресурси, а може запускати ранні «зміни траєкторії розвитку» культури, які зумовлюють втрати продуктивності навіть після подальшого видалення бур'янів [5].

Для умов Правобережного Лісостепу України проблема має додаткову гостроту через нестійке зволоження: дефіцит опадів у травні–червні підсилює конкуренцію за воду, а хвилі сходів бур'янів у роки з контрастними погодними умовами ускладнюють підтримання «чистого вікна» саме в критичні фази квасолі. За результатами польових спостережень у Лісостепу, урожайність сортів квасолі є мінливою, а фактичні значення нерідко суттєво поступаються потенціалу сучасних генотипів, що свідчить про значний резерв технологічного удосконалення, зокрема щодо контролю бур'янів.

Практична площина проблеми полягає в тому, що механічні прийоми (досходове боронування, ротаційні мотики, міжрядні культивації) у квасолі мають вузьку технологічну «віконність» і підвищений ризик пошкодження культури на ранніх етапах: зокрема, досходове боронування доцільне лише тоді, коли проростки бур'янів перебувають у фазі «білої ниточки», а проростки квасолі не перевищують 1 см [8]. Надалі міжрядні розпушування рекомендують проводити у фазу сходів – першого трійчастого листка (орієнтовно 5–6 см), а наступні культивації – до змикання рядків, що фактично обмежує механічний контроль бур'янів як за фазами розвитку культури, так і за станом ґрунту (кірка після дощів, перезволоження або пересихання, грудкуватість), який визначає якість обробітку та безпечність для рослин [9].

У зв'язку з цим у сучасних технологіях вирощування квасолі в умовах України суттєву роль відіграє хімічний контроль бур'янів, який забезпечує швидкість і прогнозованість дії та меншу залежність від короткострокових погодних коливань. У навчально-методичних матеріалах для аграрної практики підкреслюється, що найефективнішим є саме комбінований підхід, коли система боронувань і міжрядних обробітків поєднується із застосуванням гербіцидів: як ґрунтових (передпосівно), так і післясходових у відповідні фази розвитку посіву [10]. Така інтеграція дозволяє стабільніше перекривати хвилі появи бур'янів у критичні для квасолі ранні періоди росту та зменшує ризик «вікон» забур'янення, коли конкуренція за вологу й елементи живлення стає невідновною для елементів структури врожаю (кількості бобів і насінин) [11].

Заразом для квасолі принципово важливими є селективність і фітотоксикологічна безпека гербіцидів, оскільки культура чутлива до низки діючих речовин та їхніх сумішей. У науковій літературі описано значну мінливість чутливості генотипів *Phaseolus vulgaris* до гербіцидів і можливі прояви пригнічення росту або зниження врожайності за порушення регламентів застосування, що підкреслює потребу добору технології «під сорт» [12]. Серед післясходових рішень у бобових культурах привертає увагу імазамокс (група імідазолінонів), який у низці досліджень демонстрував задовільну селективність для квасолі за дотримання строків внесення та норм, а також достатню ефективність від чутливих видів бур'янів. Наприклад, у роботі з баковими сумішами імазамокс + бентазон післясходове внесення спричиняло мінімальні прояви видимого ушкодження і не знижувало врожайність у різних товарних груп сухої квасолі [13]. Дані щодо імазамоксу як діючої речовини підтверджують також дослідження з оцінкою мінімальних ефективних доз від

проблемних видів бур'янів у посівах квасолі, що важливо для зниження пестицидного навантаження за збереження ефективності [14].

Водночас у практиці агровиробництва ключовою є не лише ефективність пригнічення бур'янів, а й стабільність селективності за різних погодних сценаріїв. Це особливо релевантно для нашої зони, де у роки з контрастним зволоженням і температурним режимом одна й та сама гербіцидна схема може проявляти різну «м'якість» щодо культури. Додаткові експериментальні матеріали останніх років акцентують, що кліматичні варіації здатні змінювати селективність гербіцидів для генотипів квасолі, що, по суті, підсилює актуальність сортоспецифічних досліджень у конкретних агрокліматичних умовах [15].

На цьому тлі особливої ваги набуває перехід від одного прийому до інтегрованих систем контролю бур'янів, де поєднують агротехнічні, механічні та хімічні заходи, мінімізуючи гербіцидне навантаження й підвищуючи стабільність технології. У міжнародних публікаціях підкреслюється, що комбінування прийомів (зокрема, поєднання гербіцидного контролю з ручними або механічними доповненнями) частіше забезпечує стабільніше зниження забур'яненості протягом вегетації та зменшує ризик «вікон» конкуренції у критичні фази розвитку культури [16].

Для України, попри наявність виробничих рекомендацій щодо застосування імазамоксу у посівах бобових, залишається недостатньо систематизованим питання взаємодії «сорт (група стиглості) × гербіцидна система × погодні умови року». Офіційні інформаційні матеріали виробника вказують на можливість різних схем застосування продукту на основі імазамоксу (зокрема дробних внесень) у бобових, а також підкреслюють значення фази розвитку бур'янів і культури для результату [17]. Водночас на рівні польових дослідів саме для зернової квасолі в умовах Правобережного Лісостепу потребують уточнення: (1) реакція сортів різних груп стиглості на імазамокс у ранні фази, (2) межі селективності за різних норм витрати, (3) вплив гербіцидного чинника не лише на забур'яненість, а й на темпи росту, фенологію та елементи структури врожаю [18].

Саме тому науково обґрунтоване порівняння сортів різних груп стиглості у межах альтернативних гербіцидних систем є необхідною передумовою для формування адаптивних рекомендацій для умов Правобережного Лісостепу України [19]. У нашому досліді ця логіка реалізована у двофакторній схемі: фактор А, сорти Апекс (середньоранній) і Буковинка (середньостиглий); фактор Б, гербіцидні системи захисту від бур'янів: без обробки (контроль), Пульсар Флекс 1,7 л/га (BBCH 13–14) і Пульсар Флекс 2,0 л/га (BBCH 13–14). Порівняння саме цих норм і фази внесення дозволяє практично оцінити, чи забезпечується необхідний рівень контролю бур'янів без небажаного впливу на ростові процеси та формування продуктивності сортів різних груп стиглості.

Мета дослідження – виявити особливості формування урожайності сортів квасолі звичайної різних груп стиглості залежно від систем захисту посівів від бур'янів в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження виконано у 2024–2025 рр. на дослідній ділянці ТДВ «Терезине» (Білоцерківський район Київської області) в умовах Правобережного Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий, типовий для регіону. Польовий дослід закладали та проводили відповідно до загальноприйнятих вимог методики польового експерименту та принципів виробничо-наукових випробувань засобів захисту рослин.

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом опідзоленим середньосуглинковим, сформованим на лесоподібному суглинку, що є типовим для умов Правобережного Лісостепу. У шарі 0–30 см вміст гумусу (за Тюріним) становив 3,1–3,3 %, реакція ґрунтового розчину – слабкокисла (pH 6,3–6,5). Поживний режим орного горизонту характеризувався середнім рівнем забезпечення: легкогідролізований азот – 84–92 мг/кг ґрунту, рухомий фосфор (за Чиріковим) – 150–165 мг/кг, обмінний калій – 95–110 мг/кг ґрунту.

Забезпеченість мікроелементами оцінювали як середню: мідь – 2,1 мг/кг, цинк – 1,6 мг/кг, марганець – 27,3 мг/кг ґрунту. Щільність складення орного шару перебувала в межах 1,22–1,26 г/см³, що відображає сприятливі фізичні властивості ґрунту, зокрема добру структурність та достатній рівень аерації.

Агрометеорологічні умови років досліджень відрізнялися контрастністю, що дало змогу оцінити ефективність систем захисту квасолі від бур'янів за різних гідротермічних умов. 2024 рік характеризувався посушливими умовами з дефіцитом опадів (у червні випало 36 мм за норми 82 мм) й підвищеними температурними показниками (середньодобова температура в липні досягала +29,4 °C); період бутонізації та цвітіння припав на нестачу вологи, що зумовило тимчасове пригнічення

ростових процесів у рослин квасолі. 2025 рік, навпаки, був помірно теплим і відносно зволоженим, із рівномірним розподілом опадів (сума за вегетацію 286 мм) та середньою температурою +21,8 °С, що забезпечувало загалом оптимальні умови для росту, розвитку й формування продуктивності культури.

Схема двофакторного досліду: Фактор А – сорти квасолі зернової (*Phaseolus vulgaris* L.) різних груп стиглості: А1 – Апекс (середньоранній), А2 – Буковинка (середньостиглий). Фактор В – гербіцидні системи захисту посівів від бур'янів: В1 – без обробки (контроль); В2 – Пульсар Флекс 1,7 л/га; В3 – Пульсар Флекс 2,0 л/га. Гербіцид уносили після сходів культури у фазу BBCH 13–14 (3–4 справжні листки), відповідно до схеми досліду та регламентів застосування препарату. Усі інші елементи технології вирощування (строки сівби, підготовка ґрунту, догляд за посівами, збирання) були однаковими для всіх варіантів, що забезпечувало коректність порівняння впливу досліджуваних факторів.

Площа облікової ділянки 25,2 м², повторність чотирикратна.

Польові спостереження та обліки проводили згідно з загальноприйнятими методиками експериментальної агрономії та випробування засобів захисту рослин [20].

Забур'яненість та ефективність гербіцидних систем визначали за видовим складом й щільністю бур'янів у контрольному варіанті та після обробки, із розрахунком ступеня пригнічення бур'янів, % відносно контролю; додатково фіксували появу наступних «хвиль» сходів бур'янів упродовж вегетації.

Селективність гербіциду щодо квасолі оцінювали за наявністю й вираженістю ознак фітотоксичності (пригнічення росту, хлороз/некрози, деформації листків, затримка розвитку) з поданням оцінки у відсотках.

Динаміку росту рослин вивчали за висотою рослин і, за необхідності, за розвитком надземної маси у ключові періоди вегетації; вимірювання проводили через рівні інтервали (10 днів) до фази повного цвітіння.

Фенологічні спостереження передбачали реєстрацію дат настання основних фаз розвитку: сходи, перший трійчастий листок, бутонізація, цвітіння, формування бобів, налив насіння, повна стиглість.

Біометричні показники генеративної продуктивності визначали за кількістю бобів на рослині, кількістю насінин на рослині, масою насіння з однієї рослини та масою 1000 насінин.

Урожайність зерна встановлювали методом суцільного збирання облікових ділянок з наступним перерахунком у т/га та приведенням до стандартної вологості зерна (14 %).

Якість зерна оцінювали за масою 1000 насінин й загальною кондиційністю зернової маси; за необхідності додатково визначали вміст білка методом К'єльдаля.

Статистичну обробку результатів виконували методом дисперсійного аналізу для двофакторного досліду з визначенням істотності різниць ($НІР_{05}$); розрахунки здійснювали в середовищі Microsoft Excel.

Результати дослідження та обговорення. Забур'янення є одним із ключових лімітуючих чинників реалізації продуктивного потенціалу квасолі, особливо в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу. У 2024 р. дефіцит опадів у критичний період росту та формування генеративних органів (червень: 36 мм за норми 82 мм) посилив конкуренцію між культурою й бур'янами за ґрунтову вологу, тимчасом 2025 р. характеризувався помірно теплими та рівномірно зволоженими умовами (сума опадів за вегетацію 286 мм), що забезпечувало більш стабільний перебіг ростових процесів і формування врожаю.

На ранніх етапах органогенезу (BBCH 13–14) за неконтрольованого забур'янення рослини формували менш розвинений асиміляційний апарат, а лінійний ріст був пригніченим; це чітко простежувалося у посушливому 2024 році. Застосування гербіцидних систем на основі Пульсар Флекс сприяло вирівнюванню посіву та посиленню конкурентоздатності культури в агрофітоценозі. Водночас у 2024 р. у варіантах із вищою нормою (2,0 л/га) на старті відмічалася короткочасна затримка росту, що корелює з типовою реакцією культури на післясходові обробки в умовах гідротермічного стресу; надалі ця різниця нівелювалася завдяки кращому контролю бур'янів і зменшенню конкуренції за ресурси.

За даними табл. 1 встановлено чітку й відтворювану в обидва роки тенденцію: гербіцидний захист посівів Пульсар Флекс у фазу BBCH 13–14 забезпечував інтенсивніший лінійний ріст квасолі як у період бутонізації (BBCH 51–59), так і у фазу повного цвітіння (BBCH 65), порівняно з контролем (без обробки). Ефект проявлявся на обох сортах, але мав різну вираженість залежно від року та генотипу.

На час внесення гербіциду відмінності за висотою рослин були незначними. Зокрема, у 2024 р. Апекс мав 19,0 см у контролі та 19,6–19,7 см після обробки, тимчасом Буковинка – відповідно 18,0 і 18,6–18,7 см, а у 2025 р. показники також різнилися мінімально (Апекс 21,0 проти 22,0–22,2 см, Буковинка 20,0 проти 21,0–21,2 см).

Таблиця 1 – **Висота рослин квасолі залежно від сорту та гербіцидної системи,** см за роками досліджень

Сорт (фактор А)	Варіант (фактор В)	Висота рослин, см		
		BBCH 13–14	BBCH 51–59	BBCH 65
2024 рік				
Апекс	Контроль (без обробки)	19,0	39	53
	Пульсар Флекс 1,7 л/га (BBCH 13–14)	19,7	45	61
	Пульсар Флекс 2,0 л/га (BBCH 13–14)	19,6	46	62
Буковинка	Контроль (без обробки)	18,0	38	52
	Пульсар Флекс 1,7 л/га (BBCH 13–14)	18,7	44	60
	Пульсар Флекс 2,0 л/га (BBCH 13–14)	18,6	45	61
2025 рік				
Апекс	Контроль (без обробки)	21,0	45	61
	Пульсар Флекс 1,7 л/га (BBCH 13–14)	22,0	50	67
	Пульсар Флекс 2,0 л/га (BBCH 13–14)	22,2	51	68
Буковинка	Контроль (без обробки)	20,0	44	60
	Пульсар Флекс 1,7 л/га (BBCH 13–14)	21,0	49	66
	Пульсар Флекс 2,0 л/га (BBCH 13–14)	21,2	50	67

Це закономірно, оскільки на старті вегетації ріст визначається передусім сортовими особливостями та умовами появи сходів, тимчасом переваги гербіцидного захисту реалізуються згодом через зменшення конкуренції з боку бур'янів.

Найвиразніше дія гербіцидної системи проявилася у фазу бутонізації (BBCH 51–59): у посушливому 2024 р. висота рослин у сорту Апекс зростала з 39 см у контролі до 45–46 см за застосування Пульсар Флекс (приріст 6–7 см, або близько 15–18 %), а у сорту Буковинка – з 38 до 44–45 см (також +6–7 см, 16–18 %). У 2025 р. за помірно зволожених умов приріст був дещо меншим, але стабільним: Апекс – 45 см у контролі проти 50–51 см за обробки (+5–6 см, 11–13 %), Буковинка – 44 проти 49–50 см (+5–6 см, 11–14 %).

У фазу BBCH 51–59 гербіцидний контроль забезпечував стійкий приріст висоти рослин, у межах 5–7 см незалежно від сорту, причому у 2024 р. ефект був більш контрастним через посилення конкуренції за ґрунтову вологу в умовах дефіциту опадів. У фазу повного цвітіння (BBCH 65) тенденція зберігалася й посилювалася за абсолютними значеннями: у 2024 р. у сорту Апекс висота була у межах 53 см у контролі до 61–62 см після обробки (+8–9 см, 15–17 %), Буковинка – з 52 до 60–61 см (+8–9 см, 15–17 %).

У 2025 р. приріст становив 6–7 см (у сорту Апекс 61,0 см; сорту Буковинка 60 см). Отже, до фази повного цвітіння (BBCH 65) у посушливому 2024 р. різниця між контролем й дослідними варіантами досягала 8–9 см, що відображає істотне зниження конкурентного стресу в посіві завдяки ефективному контролю бур'янів у критичний період. Підвищення норми Пульсар Флекс з 1,7 до 2,0 л/га не змінювало загальної закономірності, але давало лише незначну додаткову перевагу (переважно 0–1 см у фазах BBCH 51–59 й BBCH 65), тому її доцільність варто оцінювати комплексно разом із показниками пригнічення бур'янів, структурою врожаю, можливими проявами фітотоксичності та економічною ефективністю. Сорт Апекс загалом формував дещо вищі рослини порівняно з сортом Буковинка, однак реакція на гербіцидну систему за величиною приросту була подібною, що свідчить про універсальність ефекту зменшення конкуренції з бур'янами для генотипів різних груп стиглості. Загалом результати підтверджують, що раннє застосування

гербіциду створює сприятливі умови росту квасолі впродовж критичного періоду формування генеративних органів, а за посухи (2024 р.) є особливо важливим чинником збереження ростової активності та продуктивного потенціалу посіву.

Дані рис. 1 свідчать, що ефективність контролю бур'янів у посівах квасолі істотно залежала від норми внесення гербіциду Пульсар Флекс. У середньому за 2024–2025 рр. у сорту Апекс за застосування препарату в нормі 1,7 л/га рівень пригнічення бур'янів становив 87 %, тимчасом за норми 2,0 л/га підвищувався до 95 %.

У сорту Буковинка відповідні показники ефективності контролю бур'янів становили 83 % за внесення гербіциду Пульсар Флекс у нормі 1,7 л/га та 93 % – за норми 2,0 л/га. Отже, підвищення норми препарату з 1,7 до 2,0 л/га забезпечувало зростання технічної ефективності контролю бур'янів в обох досліджуваних сортів, що свідчить про вищу результативність інтенсивнішого гербіцидного захисту. Водночас сорт Апекс характеризувався дещо вищими показниками порівняно із сортом Буковинка, що може бути пов'язано з біологічними особливостями сорту, зокрема інтенсивнішим формуванням надземної маси та кращою конкурентоздатністю рослин у посівах.

Оцінка селективності гербіцидних систем показала, що фітотоксичність у квасолі мала короткочасний та оборотний прояв. У сорту Апекс за внесення гербіцида Пульсар Флекс у нормі 1,7 л/га візуальна фітотоксичність становила 6,0 % на 7-му добу після обробки, знижувалась до 3,0 % на 14-ту добу й майже повністю зникала до 21-ї доби (0,5 %). За підвищення норми до 2,0 л/га реакція культури була дещо вираженішою: відповідно 9,0; 4,0 і 1,0 % на 7-, 14- і 21-шу добу після обробки (рис. 2).

Подібна закономірність спостерігалась і у сорту Буковинка, однак рівень фітотоксичності був незначно вищим, ніж у Апекса. За норми 1,7 л/га він становив 6,5 % на 7-му добу, 3,5 % – на 14-ту та 1,0 % – на 21-шу добу після внесення препарату. За норми 2,0 л/га показники дорівнювали 9,5; 4,5 і 1,5 % відповідно. Це свідчить, що середньостиглий сорт Буковинка виявляв дещо вищу чутливість до гербіцидного навантаження, однак прояв цієї реакції також був транзиторним і не мав ознак стійкого пригнічення культури (рис. 3).

Отже, в обох сортів найбільший рівень фітотоксичності спостерігали через 7 діб після обробки, після чого він швидко знижувався, а до 21-ї доби практично нівелювався. Така динаміка свідчить, що за дотримання регламентів застосування препарат проявляв прийнятну селективність щодо культури. Короткочасний хлороз й незначне пригнічення росту в межах 5–10 % не слід розглядати як критичні, оскільки за умови подальшого відновлення рослин вони, здебільшого, не призводять до статистично значущих втрат урожайності. Натомість

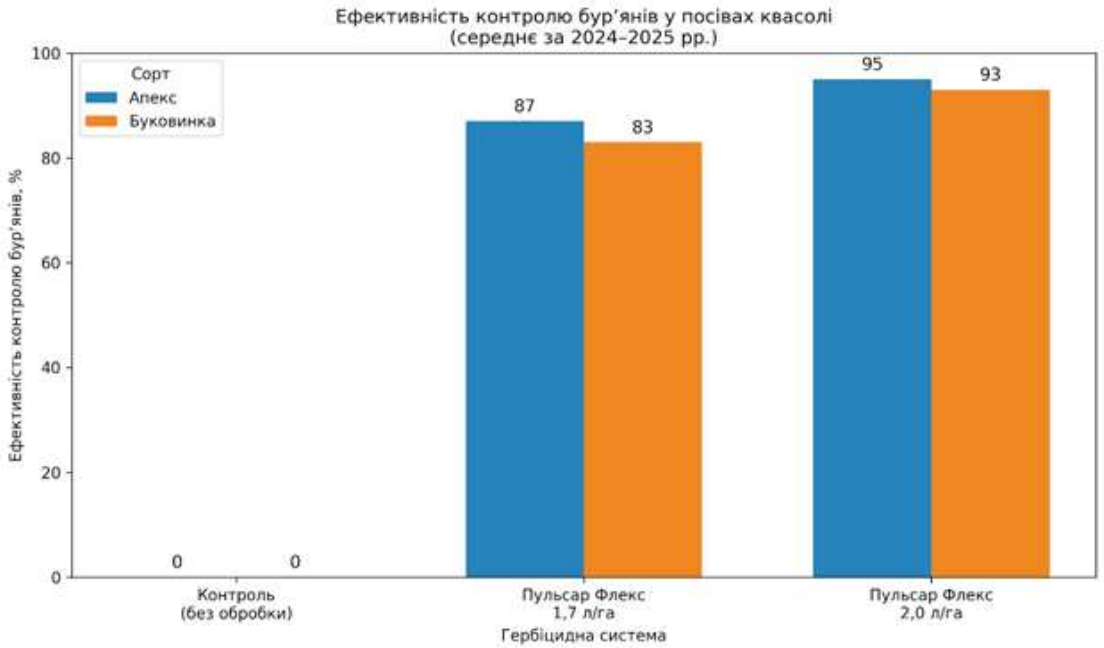


Рис. 1. **Ефективність контролю бур'янів у посівах квасолі залежно від норми внесення гербіциду Пульсар Флекс** (середнє за 2024–2025 рр.), %.

ризик для культури виникає у випадках, коли симптоми фітотоксичності зберігаються до фази бутонізації й супроводжуються затримкою фенологічного розвитку та пригніченням формування генеративних органів. У нашому випадку такої тенденції не встановлено, що дає підстави вважати обидві норми Пульсар Флекс придатними для використання у посівах квасолі, хоча норма 2,0 л/га супроводжувалася дещо вищим початковим гербіцидним стресом.

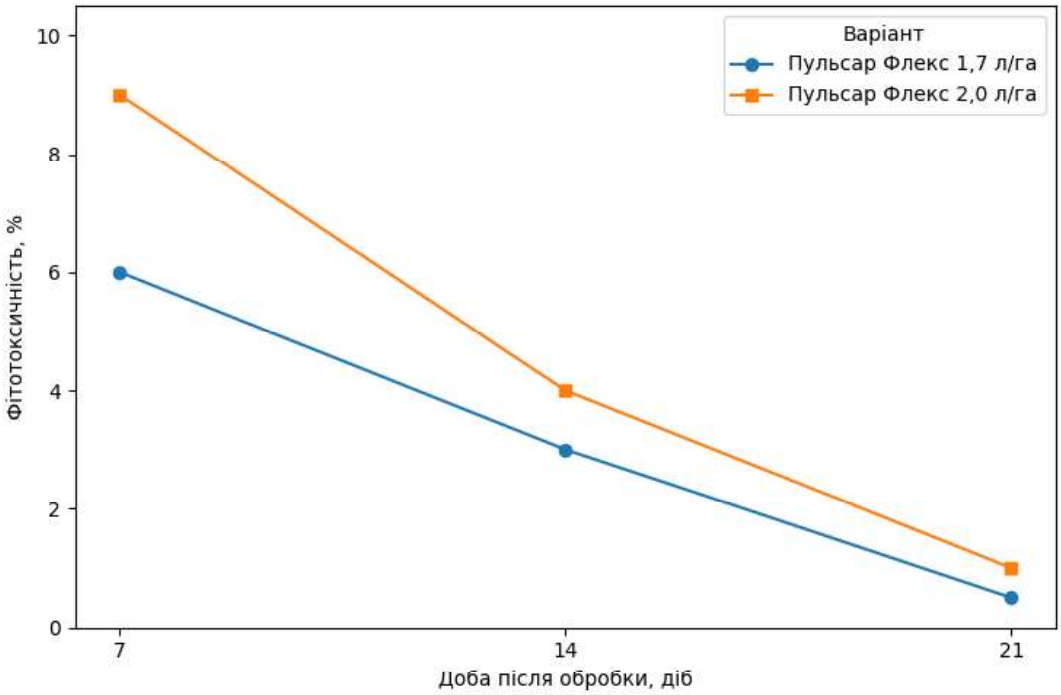


Рис. 2. **Динаміка фітотоксичності гербіцидних систем у посівах квасолі сорту Апекс,** %.

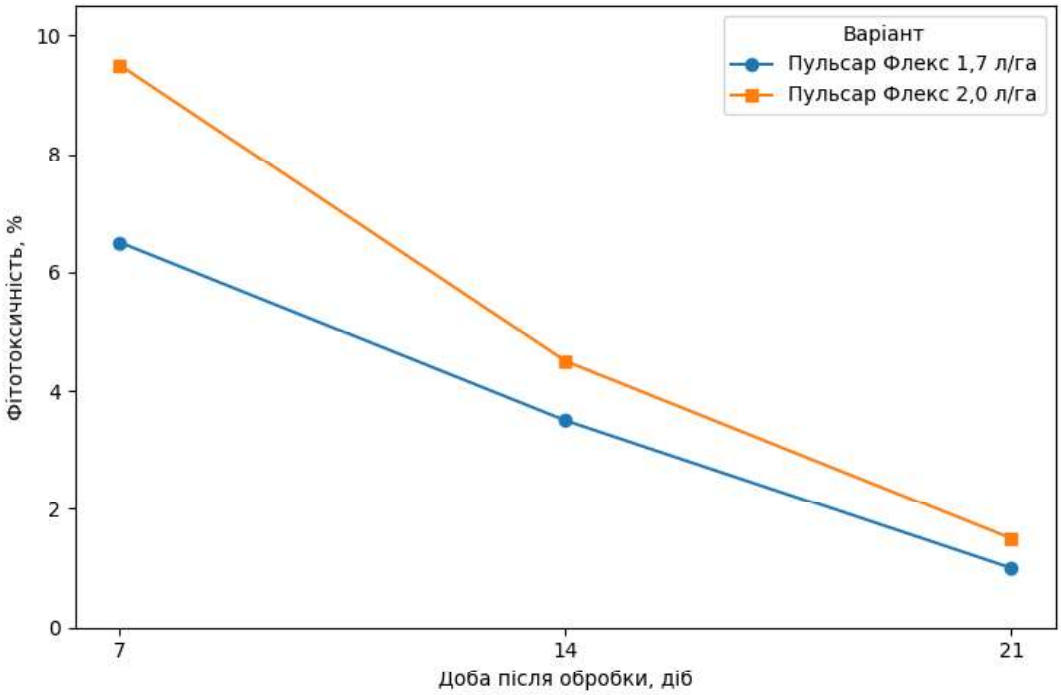


Рис. 3. **Динаміка фітотоксичності гербіцидних систем у посівах квасолі сорту Буковинка,** %.

Гербіцидний захист посівів позитивно впливав на виповненість насіння квасолі, що відобразилося у зростанні маси 1000 насінин порівняно з контролем. У 2024 р., який характеризувався дефіцитом вологи та підвищеним температурним фоном, маса 1000 насінин у контрольному варіанті становила 162 г, тимчасом за застосування Пульсар Флекс у нормі 1,7 л/га вона зростала до 177 г, а за норми 2,0 л/га – до 184 г. У 2025 р., за сприятливіших гідротермічних умов, цей показник був вищим у всіх варіантах і становив відповідно 178; 200 та 208 г (рис. 4).

Отже, за застосування гербіцидних систем виявлено підвищення маси 1000 насінин, причому найбільші значення відмічено за норми внесення Пульсар Флекс 2,0 л/га. Це вказує на те, що ефективне зниження конкуренції з боку бур'янів сприяло кращому забезпеченню рослин вологою та елементами живлення у період наливу насіння. У посушливому 2024 р. різниця між контролем й дослідними варіантами була більш контрастною, що підтверджує важливість своєчасного контролю бур'янів для підтримання виповненості зерна в умовах гідротермічного стресу. Загалом підвищення маси 1000 насінин у варіантах, де було застосовано гербіцидний захист свідчить про результат поліпшення умов формування врожаю та більш повної реалізації продуктивного потенціалу культури.

Аналіз урожайності зерна квасолі показав, що застосування гербіцидних систем захисту посівів від бур'янів забезпечувало істотне підвищення продуктивності культури порівняно з контролем без обробки. Така закономірність простежувалася в обох сортів і в обох роках досліджень, однак ступінь її прояву залежав як від погодних умов року, так і від норми внесення гербіциду (табл. 2).

У 2024 р., який характеризувався дефіцитом опадів і підвищеним температурним фоном, урожайність у контрольному варіанті була найнижчою і становила 1,95 т/га у сорту Апекс та 1,80 т/га у сорту Буковинка. За цих умов конкуренція з боку бур'янів за вологу та елементи живлення проявлялася особливо гостро, що призводило до пригнічення росту культури, зменшення кількості генеративних органів і зниження виповненості зерна. Застосування Пульсар Флекс у нормі 1,7 л/га підвищувало урожайність до 2,35 т/га у сорту Апекс і до 2,15 т/га у сорту Буковинка, тимчасом норма 2,0 л/га забезпечувала ще вищі показники – відповідно 2,46 і 2,22 т/га. Отже, у стресовому 2024 р. приріст урожайності від гербіцидного захисту був найбільш відчутним і становив у середньому 0,35–0,51 т/га, що свідчить про високу значущість своєчасного контролю бур'янів у посушливих умовах.

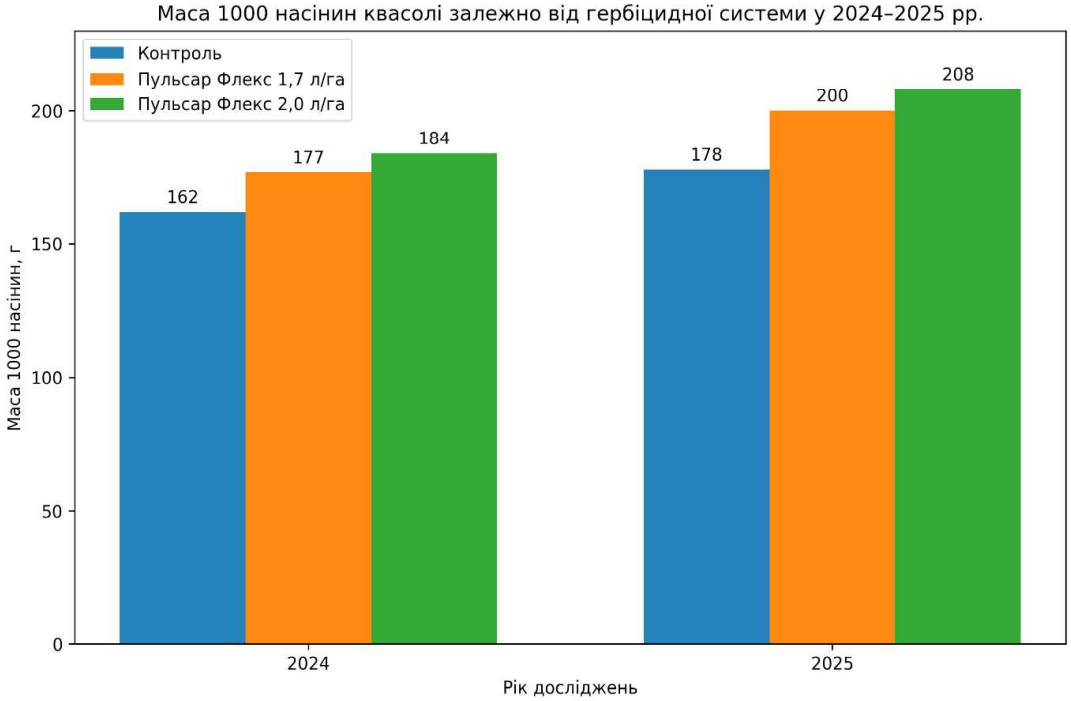


Рис. 4. **Маса 1000 насінин квасолі залежно від гербіцидної системи у середньому за 2024–2025 рр.,** г.

Таблиця 2 – **Урожайність зерна квасолі залежно від сорту та гербіцидної системи, т/га за роками досліджень**

Сорт (фактор А)	Варіант (фактор В)	Середнє за 2024–2025 рр.	Приріст до контролю, т/га	Приріст до контролю, %
Апекс	Контроль (без обробки)	2,20	–	–
	Пульсар Флекс 1,7 л/га (BBCH 13–14)	2,57	0,37	16,8
	Пульсар Флекс 2,0 л/га (BBCH 13–14)	2,66	0,46	20,9
Буковинка	Контроль (без обробки)	1,80	2,30	2,05
	Пульсар Флекс 1,7 л/га (BBCH 13–14)	2,15	2,58	2,36
	Пульсар Флекс 2,0 л/га (BBCH 13–14)	2,22	2,68	2,45
$НІР_{05}$, т/га: для фактора А (сорт)		0,09		
для фактора В (гербіцидна система)		0,12		
для взаємодії А×В		0,17		

У 2025 р., який був більш сприятливим за температурним режимом і зволоженням, урожайність у всіх варіантах виявилася вищою. У контролі вона становила 2,45 т/га у сорту Апекс та 2,30 т/га у сорту Буковинка. За внесення Пульсар Флекс у нормі 1,7 л/га урожайність підвищувалася до 2,78 і 2,58 т/га, а за норми 2,0 л/га – до 2,86 і 2,68 т/га відповідно. Це вказує на те, що навіть за більш оптимального вологозабезпечення гербіцидний захист залишався важливим елементом технології, забезпечуючи кращі умови для росту, розвитку й формування врожаю культури.

У середньому за 2024–2025 рр. найвищу урожайність забезпечував варіант із застосуванням Пульсар Флекс 2,0 л/га: 2,66 т/га у сорту Апекс і 2,45 т/га у сорту Буковинка. Порівняно з контролем приріст становив 0,46 т/га (20,9 %) у сорту Апекс і 0,40 т/га (19,5 %) у сорту Буковинка. За внесення препарату в нормі 1,7 л/га приріст урожайності був дещо нижчим, але також істотним: 16,8 % у сорту Апекс і 15,1 % у сорту Буковинка. Це дає підстави стверджувати, що підвищення норми гербіциду з 1,7 до 2,0 л/га забезпечувало додатковий позитивний ефект, проте його величина була помірною і потребує оцінки не лише з агрономічного, а також з економічного погляду.

Порівняння сортів свідчить, що Апекс у всіх варіантах формував вищу урожайність, ніж Буковинка. У середньому за два роки, перевага середньораннього сорту становила 0,15–0,21 т/га залежно від системи захисту. Це можна пояснити більш інтенсивним стартовим ростом, швидшим формуванням листкового апарату та вищою адаптивністю до посушливих умов, що особливо чітко проявилося у 2024 році. Водночас Буковинка також добре реагувала на гербіцидний захист, що свідчить про загальну ефективність досліджуваної системи незалежно від групи стиглості.

Статистична обробка результатів показала, що вплив фактора В (гербіцидна система) на урожайність був істотним, оскільки різниця між контролем і варіантами з обробкою перевищувала $НІР_{05}$ = 0,12 т/га. Вплив фактора А (сорт) також був достовірним ($НІР_{05}$ = 0,09 т/га), що підтверджує наявність генотипічних відмінностей у реалізації продуктивного потенціалу. Взаємодія факторів А×В була менш вираженою, однак у частині варіантів також досягала рівня істотності ($НІР_{05}$ = 0,17 т/га), що вказує на певну сортоспецифічність реакції на норму гербіциду.

Висновки. В умовах Правобережного Лісостепу України системи захисту посівів квасолі від бур'янів істотно впливали на ріст, розвиток і продуктивність сортів різних груп стиглості. Найбільш виражений ефект гербіцидного контролю виявлено у посушливому 2024 році, коли конкуренція бур'янів за вологу та елементи живлення була найгострішою.

Застосування Пульсар Флекс у фазу BBCH 13–14 забезпечувало ефективне пригнічення бур'янів: у середньому за 2024–2025 рр. технічна ефективність за норми 1,7 л/га становила 63–65 %, а за норми 2,0 л/га підвищувалася до 73–75 %. Це створювало сприят-

ливіші умови для росту культури, що проявлялося у збільшенні висоти рослин у фазах бутонізації та повного цвітіння на 5–9 см порівняно з контролем.

Гербіцидний захист позитивно впливав на формування елементів структури врожаю та якість зерна. За застосування Пульсар Флекс маса 1000 насінин зростала порівняно з контролем, а приріст урожайності у середньому за два роки становив 15,1–16,8 % за норми 1,7 л/га і 19,5–20,9 % за норми 2,0 л/га.

Найвищу агрономічну ефективність у межах досліду забезпечила гербіцидна система із застосуванням Пульсар Флекс у нормі 2,0 л/га. За цієї норми сформовано максимальний рівень контролю бур'янів, найвищі показники росту рослин і врожайності, тимчасом фітотоксичність мала короткочасний і слабко виражений прояв, не впливаючи істотно на кінцеву продуктивність культури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nchanji E.B., Ageyo O.C. Do Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Promote Good Health in Humans? A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and Randomized Controlled Trials. Nutrients. 2021. 13(11). 3701 p. DOI: 10.3390/nu13113701.
2. Critical periods for weed control in dry beans (Phaseolus vulgaris) / O.C. Burnside et al. Weed Science. 1998. 46(3). P. 301–306. DOI: 10.1017/S0043174500089451
3. Integration of Cropping Practices and Herbicides Improves Weed Management in Dry Bean (Phaseolus vulgaris) / R.E. Blackshaw et al. Weed Technology. 2000. 14(2). P. 327–336. DOI: 10.1614/0890-037X(2000)014[0327:IOCPAH]2.0.CO;2
4. Potential Yield Loss in Dry Bean Crops Due to Weeds in the United States and Canada / N. Soltani et al. Weed Technology. 2018. 32(3). P. 342–346. DOI: 10.1017/wet.2017.116
5. Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges / P. David et al. Trends in Plant Science. 2023. Vol. 28. Issue 5. P. 567–582.
6. How Nutritious Are French Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from the Citizen Science Experiment? / L. Sinkovič et al. Plants. 2024. 13(2). 314 p. DOI: 10.3390/plants13020314
7. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) / T. Assefa et al. Mol. Breed. 2019. 39. P. 1–23.
8. Товарне вирощування квасолі звичайної. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/554-tovarne-vyroshchuvannia-kvasoli-zvychainoi.html
9. Супіханов Б. Нішеві культури. Вісник аграрної науки. 2017. № 4. С. 58–64.
10. Шкатула Ю.М. Вплив гербіцидів та стимуляторів росту на забур'яненість та біометричні показники рослин квасолі. Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр. ВНАУ. 2019. № 12. С. 205–213.
11. Мазур О.В., Паламарчук В.Д., Мазур О.В. Порівняльна оцінка сортів квасолі звичайної за господарсько-ціннними ознаками. Збірник наукових праць. Сільське господарство та лісівництво. 2017. № 6. Т. 1. С. 116–124.
12. Naphthalic anhydride increases tolerance of common bean to herbicides / F.H. Krenchinski et al. Journal of Plant Protection Research. 2019. 59(3). P. 383–391. DOI: 10.24425/jppr.2019.129754
13. Sharareh Hekmat, Nader Soltani, Christy Shropshire, Peter H. Sikkema. Effect of imazamox plus bentazon on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Crop Protection. 2008. Vol. 27. Issue 12. P. 1491–1494. DOI: 10.1016/j.cropro.2008.07.008.
14. Gürbüz R., Yentürk Ö. Determination of Minimum Doses of Imazamox for Controlling *Xanthium strumarium* L. and *Chenopodium album* L. in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agronomy. 2022. 12(7). 1557 p. DOI: 10.3390/agronomy12071557
15. Effects of climatic variations on the selectivity of S-metolachlor, fomesafen, and imazamox herbicides for common bean genotypes / C.Z.J. Júnior et al. African Journal of Agricultural Research. 2025. 21(2). P. 112–122. DOI: 10.5897/AJAR2025.16860
16. Fufa A., Tessema T., Bekeko Z., Mesfin T. Integrated Control of *Verbesina encelioides* in Common Bean Fields in the Central Rift Valley of Ethiopia. Weed Biol. Manag. 2025. 25. e70002. DOI: 10.1111/wbm.70002
17. Виробнича система Clearfield® Plus. URL: https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/CLP_CL_Brochure_2021.pdf?utm_source
18. Сучасна періодизація онтогенезу польових культур: навч. посіб. / А.О. Рожков та ін. Харків: ДБТУ, 2024. 306 с.
19. Мороз О.В., Карпук Л.М. Особливості росту й розвитку сортів квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) різних груп стиглості за позакореневого підживлення рослин. Агробіологія. 2025. № 2. С. 162–171. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-162-171
20. Методика досліджень агроекосистем / Л.М. Карпук та ін. Біла Церква, 2024. 256 с.

REFERENCES

1. Nchanji, E.B., Ageyo, O.C. (2021). Do Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Promote Good Health in Humans? A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and Randomized Controlled Trials. Nutrients. no. 13(11), 3701 p. DOI: 10.3390/nu13113701.
2. Burnside, O.C., Wiens, M.J., Holder, B.J. (1998). Critical periods for weed control in dry beans (Phaseolus vulgaris). Weed Science. no. 46(3), pp. 301–306. DOI: 10.1017/S0043174500089451
3. Blackshaw R.E., Molnar L.J., Muendel H.-H., Saindon G., Li X. (2000). Integration of Cropping Practices and Herbicides Improves Weed

Management in Dry Bean (Phaseolus vulgaris). Weed Technology. no. 14(2), pp. 327–336. DOI: 10.1614/0890-037X(2000)014[0327:IOCPAH]2.0.CO;2

4. Soltani, N., Dille, J.A., Gulden, R.H. (2018). Potential Yield Loss in Dry Bean Crops Due to Weeds in the United States and Canada. Weed Technology. no. 32(3), pp. 342–346. DOI: 10.1017/wet.2017.116

5. David, P., Horvath, Sharon A., Clay, Clarence, J. Swanton, James, V. Anderson, Wun, S. Chao. (2023). Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges. Trends in Plant Science. Vol. 28, Issue 5, pp. 567–582.

6. Sinkovič, L., Blažica, V., Blažica, B., Meglič, V., Pipan, B. (2024). How Nutritious Are French Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from the Citizen Science Experiment? Plants. no. 13(2), 314 p. DOI: 10.3390/plants13020314

7. Assefa, T., Assibi Mahama, A., Brown, A.V., Cannon, E.K., Rubyogo, J.C., Rao, I.M., Blair, M.W., Cannon, S.B. (2019). A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). no. 39, pp. 1–23.

8. Tovarne vyroshhuvannja kvasoli zvychajnoi' [Commercial cultivation of common beans]. Available at: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/554-tovarne-vyroshchuvannia-kvasoli-zvychainoi.html

9. Supikhanov, B. (2017). Nishevi kultury [Niche crops]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 4, pp. 58–64.

10. Shkatula, Yu.M. (2019). Vplyv herbitsydiv ta stymuliatoriv rostu na zaburianenist ta biometrychni pokaznyky roslyn kvasoli [The influence of herbicides and growth stimulants on weediness and biometric indicators of bean plants]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry]. VNAU, no. 12, pp. 205–213.

11. Mazur, O.V., Palamarchuk, V.D., Mazur, O.V. (2017). Porivnialna otsinka sortiv kvasoli zvychainoi za hospodarsko-tsinnnymy oznakamy [Comparative assessment of common bean varieties by economic and valuable characteristics]. Zbirnyk naukovykh prats. Cilske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry]. no. 6, Vol. 1, pp. 116–124.

12. Krenchinski, F.H., Batista de Castro, E., Salomão Cesco, V.J., Belapart, D., Morilha Rodrigues, D., Carbonari, C.A., Velini, E.D. (2019). Naphthalic anhydride increases tolerance of common bean to herbicides. Journal of Plant Protection Research. no. 59(3), pp. 383–391. DOI: 10.24425/jppr.2019.129754

13. Sharareh, Hekmat, Nader, Soltani, Christy, Shropshire, Peter H., Sikkema. (2008). Effect of imazamox plus bentazon on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Crop Protection. Vol. 27, Issue 12, pp. 1491–1494. DOI: 10.1016/j.cropro.2008.07.008.

14. Gürbüz, R., Yentürk, Ö. (2022). Determination of Minimum Doses of Imazamox for Controlling *Xanthium strumarium* L. and *Chenopodium album* L. in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agronomy. no. 12(7), 1557 p. DOI: 10.3390/agronomy12071557

15. Carlos Zacarias, Joaquim Júnior, Paulo Henrique, Cerutti, Luan Tiago, dos Santos Carbonari, Henrique, de Sá Albino, Jorge Luis, Tejada, Jefferson Luis, Meirelles Coimbra, Antonio Mendes, de Oliveira Neto, Altamir Frederico, Guidolin (2025). Effects of climatic variations on the selectivity of S-metolachlor, fomesafen, and imazamox herbicides for common bean genotypes. African Journal of Agricultural Research. no. 21(2), pp. 112–122. DOI: 10.5897/AJAR2025.16860

16. Fufa, A., Tessema, T., Bekeko, Z., Mesfin, T. (2025). Integrated Control of *Verbesina encelioides* in Common Bean Fields in the Central Rift Valley of Ethiopia. Weed Biol. Manag. 25. e70002. DOI: 10.1111/wbm.70002

17. Vyrobnycha systema Clearfield® Plus [Clearfield® Plus Production System]. Available at: https://www.agro.basf.ua/Documents/2021/CLP_CL_Brochure_2021.pdf?utm_source

18. Rozhkov, A.O., Karpuk, L.M., Poliakov, O.I. (2024). Suchasna periodyzatsiia ontohenezu polovykh kultur: navch. posib. [Modern periodization of ontogenesis of field crops]. Kharkiv, DBTU, 306 p.

19. Moroz, O.V., Karpuk, L.M. (2025). Osoblyvosti rostu y rozvytku sortiv kvasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) riznykh hrup styhlosti za pozakorenevoho pidzhyvlennia roslyn [Features of growth and development of bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) of different maturity groups during foliar fertilization of plants]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 2, pp. 162–171. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-162-171

20. Karpuk, L.M., Rozhkov, A.O., Shokh, S.S., Filipova, L.M., Pavlichenko, A.A., Kubrak, S.M., Shubenko, L.A., Hlevaskyi, V.I., Titarenko, O.S. (2024). Metodyka doslidzhen ahroekosystem [Methodology of agroecosystem research]. Bila Tserkva, 256 p.

Features of yield formation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties of different maturity groups under weed control systems

Moroz O., Karpuk L.

The article presents the results of a study on the effectiveness of weed control systems in common bean crops under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The growth, development, and yield formation of common bean varieties belonging to different maturity groups were investigated depending on herbicide application.

Field experiments were conducted in 2024–2025 at the experimental site of TDV "Terezyne" (Bila Tserkva district, Kyiv region). The soil of the experimental field was classified as podzolized medium-loamy chernozem. The experiment was two-factorial: factor A included the common bean varieties 'Apex' (medium-early) and 'Bukovynka' (mid-season), while factor B comprised weed control systems: untreated control, Pulsar Flex at 1.7 L/ha, and Pulsar Flex at 2.0 L/ha applied at growth stages BBCH 13-14.

The results showed that herbicide application reduced weed infestation, improved plant growth,

promoted the development of a larger leaf area, and increased crop productivity. On average over 2024–2025, weed control efficiency reached 63–65 % at the rate of 1.7 L/ha and 73–75 % at the rate of 2.0 L/ha. Under herbicide treatment, plant height at the budding and full flowering stages exceeded the control by 5–9 cm. Pulsar Flex had a positive effect on the formation of yield components and thousand-seed weight.

The highest grain yield was obtained with Pulsar Flex applied at 2.0 L/ha: on average over two years, it reached 2.66 t/ha for the 'Apex' variety and 2.45 t/ha for 'Bukovynka', exceeding the control by 20.9 % and 19.5 %, respectively. Herbicide phytotoxicity was short-term and weakly expressed and did not result in a significant decrease in crop productivity.

Thus, the application of Pulsar Flex at BBCH stages 13–14 is an effective component of common bean cultivation technology under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, with the rate of 2.0 L/ha providing the highest agronomic efficiency.

Key words: common bean, variety, weeds, herbicide application, Pulsar Flex, growth and development, yield.

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

ORCID iD:
Мороз О.В. https://orcid.org/0009-0001-3954-0536
Карпук Л.М. https://orcid.org/0000-0002-2303-7899

АГРОНОМІЯ

УДК 633:11:631.53.04

Біометрія та урожайність картоплі за дії органічних добрив, біостимуляторів та біофунгіцидів в умовах Полісся України

Невгод Р.В.

Інститут картоплярства НААН

E-mail: vs_potato@meta.ua

Невгод Р.В. Біометрія та урожайність картоплі за дії органічних добрив, біостимуляторів та біофунгіцидів в умовах Полісся України. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 101–111.

Nevgod R. Biometry and potato yield under the influence of organic fertilizers, biostimulants and biofungicides in the Polissya region of Ukraine. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 101–111.

Рукопис отримано: 04.03.2026 р.
Прийнято: 19.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-101-111

ISSN 2310-9270

Наведено результати досліджень впливу органічних добрив, біостимуляторів та біофунгіцидів на біометричні показники росту, розвиток і урожайність картоплі в умовах Полісся України. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. у стаціонарному польовому досліді в чотирипільній сівозміні на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті. Вивчали дію біопрепаратів на фоні заорювання сидеральної маси гірчиці білої та за поєднання сидерату з внесенням перегною ВРХ (40 т/га).

Встановлено, що застосування біостимуляторів і біофунгіцидів підвищувало польову схожість картоплі з 86,2–88,4 % у контролі до 97,3 % у варіанті з обробкою бульб препаратами VIT-ORG VG і Мікохелп на фоні органічного удобрення. Передсадивна обробка бульб зумовлювала подовження періоду садіння–сходи на 1–4 доби та загальної тривалості вегетації на 5–8 діб.

Визначено позитивний вплив досліджуваних чинників на біометричні показники рослин: висота збільшувалася на 5,5–18,1 %, кількість стебел — на 0,2–0,4 шт./кущ, щільність стеблостою – на 13,8–37,6 %. Урожайність істотно варіювала за роками досліджень і становила 19,6–26,7 т/га на фоні сидерату та 23,5–32,0 т/га за внесення перегною. У середньому за три роки, приріст урожайності від застосування біопрепаратів сягав 2,7–14,8 % і 5,1–18,7 % відповідно.

Найвищу урожайність (31,8–32,3 т/га) отримано за поєднання сидеральної маси гірчиці білої з внесенням 40 т/га перегною та застосуванням комплексів біопрепаратів (Біогран + StimPure AA Liquid + Мікохелп; VIT-ORG VG + Мікохелп). Вплив виду біофунгіциду на урожайність був незначним.

Отримані результати свідчать про доцільність застосування біостимуляторів і біофунгіцидів у поєднанні з органічними добривами як ефективного елементу органічної технології вирощування картоплі в умовах Полісся України.

Ключові слова: картопля, органічні добрива, сидерати, біостимулятори, біофунгіциди, біометричні показники, урожайність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Упродовж останніх років світове землеробство розвивається у напрямі біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й картоплі. Основне завдання біологічного землеробства – збереження екологічного балансу в біосфері на основі дослідження природних резервів збільшення продуктивності культур за одночасного поліпшенні родючості ґрунту, зменшення енерго- й ресурсовитрат на виробництво продукції та поліпшення її якості. Тому учені європейських країн вже зараз вважають альтернативне землеробство „дорогою майбутнього” [1, 2].

Площа органічно оброблюваних сільськогосподарських угідь, кількість органічних ферм та обсяг світового ринку органічно вирощених продуктів харчування постійно зростають. Останні дані свідчать, що ця тенденція посилилася через істотне зростання споживчого попиту на органічні продукти харчування під час пандемії COVID-19 [3]. Розширення органічного виробництва означає виробництво харчових культур з поліпшеними поживними властивостями за меншого використання зовнішніх ресурсів та зменшення впливу на довкілля [4]. Як зазначають Віллер та ін., у 2019 р. органічні сільськогосподарські угіддя досягли 72,3 млн га (1,5 % від загальної площі сільськогосподарських угідь) і оброблялися органічним способом щонайменше 3,1 млн фермерів із 187 країн. П'ятьма країнами з найбільшими площами органічних угідь були: Австралія (35,7 млн га), Аргентина (3,67 млн га), Іспанія (2,35 млн га), США (2,33 млн га) та Індія (2,30 млн га), а розподіл органічних сільськогосподарських угідь за континентами був наступним: Океанія (50 %), Європа (23 %), Латинська Америка (12 %), Азія (8 %), Північна Америка (5 %) та Африка (3 %) [3].

Згідно з останнім звітом Міжнародної федерації рухів органічного землеробства (IFOAM), у період з 2020 до 2022 рр. зростання ринку органічних продуктів було зафіксовано у всіх регіонах, у багатьох випадках двозначне. Найбільше зростання спостерігалось у Франції (на 18 %), Іспанії (на 16 %) та Данії (на 15 %) [5].

Назараз спостерігається загальносвітова тенденція розширення ринку органічної продукції, зокрема органічного рослинництва. Це пов’язано, насамперед, із його багатовекторним позитивним впливом на навколишнє природне середовище, здоров’я населення, збереження природних ресурсів, забезпечення продовольчої безпеки. Органічний ринок Європи та світу вже понад 25 років демонструє стабільне й динамічне зростання. Зокрема, європейський ринок з 2000 року виріс майже в 7 разів – з 8 млрд євро у 2000 до майже 55 млрд євро у 2023. Глобальний ринок органіки зріс з близько $15 млрд у 2000 році до понад $136 млрд у 2023 [6]. Відповідно, виробництво органічної сільськогосподарської продукції, особливо продукції рослинництва, вважається невід’ємною складовою сталого розвитку, що закріплено у ряді міжнародних документів, ратифікованих Україною. До того ж, Національною економічною стратегією на період до 2030 року, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 179, передбачено поступове узгодження державної аграрної політики нашої країни із Зеленим курсом ЄС (EU Green Deal) у сільському господарстві, збільшення площі земель з органічним статусом до не менш як 3 % загальної площі сільськогосподарських угідь. Повномасштабна війна в Україні не лише перешкоджає досягненню вказаних цілей, а й загрожує екологічній та продовольчій безпеці нашої країни. Адже значні масиви земель сільськогосподарського призначення, засмічені її відходами, довгий час неможливо буде використовувати у сільськогосподарському виробництві. Однак, попри всі негативні обставини, Україна продовжує залишатися одним із крупних експортерів продукції органічного рослинництва [7].

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з ключових культур в системах органічного землеробства, вирізняючись як один з найбільш затребуваних органічних продуктів на ринку. Загалом у ЄС нараховується близько 20 тис. господарств, які вирощують органічну картоплю, серед яких 23,8 % розташовано у Польщі, 14,7 % Австрії (20,4 % від загальної кількості господарств), 14,0 % у Німеччині [6]. На сучасному етапі ведення землеробства в Україні існують реальні передумови для широкого впровадження засад біологічного землеробства. Однак, органічна система ведення картоплярства у структурі сільськогосподарського виробництва країни поки що невелика, площі не перевищують 1200 га [8]. Хоча ґрунтово-кліматичні умови зони Полісся сприятливі для вирощування високих і сталих врожаїв картоплі, зокрема за умови біологізації землеробства, проте серед усіх культур картопля має дуже великий розрив у врожайності між органічними та традиційними системами, що пояснюється, здебільшого, її інтенсивними потребами в поживних речовинах [9]. Сучасний стан знань про живлення рослин та управління родючістю ґрунту в органічному виробництві картоплі аналізується у світовій літературі досить докладно, зокрема щодо впливу гною, сидератів, органічних добрив і біостимуляторів на врожайність та якість бульб органічної картоплі. Загалом, основні висновки проаналізованих наукових публікацій показують, що для ефективного підтримання високої родючості ґрунту, задоволення потреб культури в поживних речовинах та подолання різниці у врожайності картоплі між органічним та традиційним методами вирощування за одночасного задоволення споживчого попиту необхідна певна комбінація.

Ця комбінація передбачає використання гною або бобових сидератів з органічними добривами, а ще краще з біодобривами, наприклад, на основі мікоризи. Також з'ясувалося, що необхідні більш цілеспрямовані дослідження для підбору відповідних сортів для органічних систем вирощування картоплі з метою оптимізації цього екологічно чистого методу виробництва. З огляду на це, зрозуміло, що внесення органічних добрив під картоплю є справжнім викликом. Ефективність органічного удобрення в органічних системах залежить від різних факторів, включаючи тип добрива (кількість, час внесення), ґрунтові та погодні умови під час фаз росту рослини. Несприятливі комбінації ґрунтових і кліматичних умов можуть перешкоджати розкладанню внесених добрив і засвоєнню поживних речовин, що призводить до стресу і порушень розвитку рослин картоплі. Як відомо, на якість бульб картоплі впливають клімат, навколишнє середовище, генетичний фон та управління вирощуванням, а отже, і система органічного виробництва [10, 11]. Зокрема, обмежена та нестабільна доступність поживних речовин, особливо азоту, може суттєво впливати на профіль якості бульб [12]. Тому органічні виробники мають застосовувати різні підходи щодо підтримання родючості ґрунту, підвищення урожайності та якості бульб і здоров'я рослин, включаючи наступні: сівозміна; вирощування азотфіксуючих рослин та інших сидеральних культур для відновлення родючості ґрунту; вибір стійких сортів, а також методів, що сприяють природному контролю шкідників.

Важливим компонентом сучасних технологій органічного землеробства є біологічні стимулятори росту. Біостимулятори росту рослин визначаються наступним чином: «Добриво, функція якого полягає у стимулюванні процесів живлення рослин незалежно від вмісту поживних речовин у продукті з єдиною метою покращення однієї або більше з наступних характеристик рослини та/або ризосфери рослини: ефективність використання поживних речовин, толерантність до абіотичного стресу, якісні характеристики або доступність обмежених поживних речовин у ґрунті або ризосфері» [13, 14].

Багато різноманітних природних речовин та корисних мікроорганізмів занесено до каталогу біостимуляторів рослин, включаючи гумінові речовини; гідролізати білків рослинного або тваринного походження; макро- і мікроелементи, екстракти макро- і мікроводоростей; кремній; арбускулярні мікоризні гриби; ризобактерії, що сприяють росту рослин, які належать до родів Azotobacter, Azospirillum і Rhizobium spp. [15,16].

За органічної системи вирощування культури картоплі пошук оптимальних регламентів застосування препаратів стимулюючої дії з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов є важливим практичним завданням. У зв’язку з цим **метою дослідження** було з’ясувати вплив органічних добрив (сидерат та перепрілий гній ВРХ), біостимуляторів та біофунгіцидів на ріст, розвиток та урожайність картоплі сорту Мирослава.

Матеріал і методи дослідження. Польові дослідження проводили на землях Інституту картоплярства НААН (Київська область, Бучанський район, сел. Немішаєве) у вегетаційні періоди 2023–2025 рр. у межах стаціонарного досліду в чотирипільній сівозміні: 1) сидеральний пар (посів гірчиці білої двічі поспіль за вегетаційний сезон з наступним заорюванням у фазу бутонізації); 2) картопля; 3) жито озиме; 4) овес.

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий супіщаний. Вміст гумусу в орному шарі становив 1,53 %, азоту легкогідролізованого – 1,03 мг/кг, рухомого фосфору – 77 мг/кг, обмінного калію – 104 мг/кг. Вміст кальцію і магнію становив відповідно 4,4 та 0,6 мг/100 г ґрунту; гідролітична кислотність – 1,97 мг-екв/100 г; реакція ґрунтового розчину середньокисла (pH 5,5–5,6).

Об’єктом досліджень слугував середньоранній сорт картоплі Мирослава, на якому досліджували біостимулятори та біофунгіциди на різних фонах удобрення. Дослід проводили в триразовому повторенні. Облікова площа однієї ділянки 45 м^2. Польовий трифакторний дослід було закладено методом розщеплених блоків. Схему досліду наведено у таблиці 1.

Метеодані щодо температури повітря та кількості опадів визначали за допомогою власних вимірювань на дослідній ділянці.

Упродовж 2023–2025 рр. умови вегетації істотно різнилися за температурним режимом і кількістю опадів, що впливало на стан досліджуваного матеріалу. В 2023 р. рослини розвивалися за умов нестабільної температури повітря та дефіциту вологи. Зменшення кількості опадів на 12,9–31,3 мм порівняно з середньобагаторічними показниками впродовж вегетаційного періоду ускладнювало ріст та розвиток рослин картоплі. 2024 р. був найбільш екстремальним для росту та розвитку картоплі: середньомісячна температура в червні та липні перевищувала відповідні показники 2023 р. на +1,6 та +3,0 °С відповідно.

Критичний дефіцит опадів спостерігали впродовж майже всього вегетаційного періоду культури, за винятком другої декади червня та першої декади серпня, що в кінцевому результаті негативно позначилось на біометричних показниках росту та урожайності картоплі. В 2025 р. впродовж періоду вегетації хоча і фіксували посушливі умови різної інтенсивності: від середньої посухи (0,73) до дуже сильних її проявів (0,03–0,21), проте загалом рік був більш сприятливим у порівнянні з 2023 та 2024 роками.

Польові та лабораторні досліди проводили згідно з методикою «Картоплярство: методика дослідної справи» [17].

Обробку експериментальних даних проводили із застосуванням стандартних статистичних методів у середовищі Microsoft Excel для розрахунку середніх арифметичних значень та коефіцієнтів кореляції.

Результати дослідження та обговорення. Біометричні показники картоплі є одним із визначальних критеріїв оцінки продуктивності рослин у межах сучасних технологій вирощування, зокрема органічних. За результатами численних наукових досліджень встановлено, що сукупність біометричних параметрів об'єктивно відображає потенціал сортів та безпосередньо залежить від оптимальності застосованої технології, що своєю чергою, забезпечує відповідність показників росту й розвитку нормативним вимогам стандартів.

Садіння картоплі проводили 23–25 квітня. Схожість у досліді в середньому за роками досліджень варіювала від 86,2 до 97,3 % (табл. 2).

Середні показники за умовами фону удобрення дещо різнились. Зокрема, на фоні сидерального пару у контрольному варіанті схожість була найнижчою та становила 86,2 %, на фоні подвійного сидерату та внесення перегною ВРХ вона зростала до 88,4 %. Застосування біостимуляторів сприяло зростанню відсотка схожості на обох фонах: фон 1 – на 6,5–8,3, фон 2 – на 5,1–8,9 %. Різниця між досліджуваними біофунгіцидами щодо схожості була незначною менше 1 %. Максимальні показники відзначено на фоні 2 за обробки бульб «VIT-ORG VG» та Мікохелп – 97,3 %. Аналіз схожості за роками досліджень засвідчив, що найменша схожість була у 2023 р. на фоні 1 і залежно від варіанту коливалась у межах 82,4–90,7 %, на фоні 2 – 83,7–94,1 %. На нашу думку, зниження схожості безпосередньо пов'язано з розвитком та поширенням ризоктоніозу через низьку температуру повітря та високу вологість на початку вегетаційного сезону. Найвищі показники схожості були у 2025 р. – 92,1–98,7 %.

Таблиця 1 – **Схема досліду**

Фон (фактор А)	Біопрепарати (фактор В)	Біофунгіциди (фактор С)
Сидеральний пар (гірчиця біла +гірчиця біла)	Контроль (без обробки)	Контроль (без обробки)
	«Біогран»	Мікохелп
	«Біогран + StimPure AA Liquid»	
	«StimPure AA Liquid»	
	«Гуміфілд»	
	«VIT-ORG VG»	
	«Біогран»	Фітохелп
	«Біогран + StimPure AA Liquid»	
	«StimPure AA Liquid»	
	«Гуміфілд»	
	«VIT-ORG VG»	
Сидеральний пар (гірчиця біла + гірчиця біла) + перегній ВРХ 40 т/га	Контроль (без обробки)	Контроль (без обробки)
	«Біогран»	Мікохелп
	«Біогран + StimPure AA Liquid»	
	«StimPure AA Liquid»	
	«Гуміфілд»	
	«VIT-ORG VG»	
	«Біогран»	Фітохелп
	«Біогран + StimPure AA Liquid»	
	«StimPure AA Liquid»	
	«Гуміфілд»	
	«VIT-ORG VG»	

Таблиця 2 – **Вплив органічних добрив, біостимуляторів та біофунгіцидів на польову схожість картоплі сорту Мирослава,** %

Фон (фактор А)	Біопрепарати (фактор В)	Біофунгіциди (фактор С)	Польова схожість, %			
			2023	2024	2025	Середнє
Сидеральний пар (гірчиця біла+гірчиця біла)	Контроль (без обробки)	Контроль (без обробки)	82,4	87,1	90,2	86,2
	«Біогран»	Мікохелп	87,5	94,0	96,7	92,7
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		87,9	94,2	97,3	93,1
	«StimPure AA Liquid»		82,7	87,5	94,4	87,2
	«Гуміфілд»		89,4	95,0	97,5	94,0
	«VIT-ORG VG»		90,7	95,1	97,7	94,5
	«Біогран»	Фітохелп	87,7	93,6	96,8	92,7
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		87,6	93,7	97,0	92,8
	«StimPure AA Liquid»		82,3	87,5	91,1	86,9
	«Гуміфілд»		88,2	94,7	97,2	93,4
	«VIT-ORG VG»		90,3	94,8	97,4	94,2
Сидеральний пар (гірчиця біла+гірчиця біла) + перегній ВРХ 40 т/га	Контроль (без обробки)	Контроль (без обробки)	83,8	87,9	92,1	88,4
	«Біогран»	Мікохелп	88,6	94,7	98,1	93,8
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		88,6	94,8	98,0	93,6
	«StimPure AA Liquid»		83,9	87,2	91,7	87,6
	«Гуміфілд»		89,9	96,4	98,2	94,8
	«VIT-ORG VG»		94,1	97,3	98,7	97,3
	«Біогран»	Фітохелп	88,4	94,7	97,3	93,5
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		88,4	94.8	97,5	93,6
	«StimPure AA Liquid»		83,7	87,9	92,4	88,4
	«Гуміфілд»		89,1	95,3	98,1	94,2
	«VIT-ORG VG»		92,8	96,6	98,5	96,6

Своєчасне проходження фенологічних і морфологічних фаз росту та розвитку картоплі визначається комплексом ґрунтово-кліматичних чинників, збалансованістю живлення, рівнем стійкості рослин до шкодочинних організмів, дотриманням науково обґрунтованих елементів агротехніки.

В середньому за 2023–2025 рр. передсадивна обробка бульб картоплі біостимуляторами та біофунгіцидами, незалежно від фону, призводила до затримання періоду садіння–сходи на 1–4 доби порівняно з контрольними варіантами через пригнічення апікального домінування. Аналогічний вплив регуляторів росту рослин відмічали інші дослідники [18, 19]. На фоні сидерального пару період садіння–сходи тривав 26–34 доби. Період сходи–бутонізація на фоні 1 у середньому за роки досліджень тривав у контрольному варіанті 48 діб, за використання біостимуляторів і біофунгіцидів зростав до 52–56 діб. Наступний період сходи–квітування становив відповідно 62 та 65–68 діб, період квітування–«зелена ягода» – 73 доби у контролі та 75–79 діб за внесення біорегуляторів. Загалом вегетаційний період на фоні подвійного сидерату гірчиці білої тривав 106, 109, 107, 112, 112 та 114 діб відповідно до варіантів досліду. За використання біофунгіцидів Мікохелп та Фітохелп статистично значущої різниці у тривалості міжфазних періодів не встановлено.

На фоні сидерального пару + 40 т/га перегною період садіння–сходи зменшився у порівнянні з попереднім фоном та становив 24–31 добу. У подальшому спостерігається зростання термінів проходження фаз росту та розвитку, а саме: на контролі період сходи–бутонізація тривав 50 діб, застосування біостимуляторів та біофунгіцидів призводи-

ло до пролонгування цієї фази до 55–58 діб, період сходи–квітування становив відповідно 67–70 діб, що вище контролю (64 доби) на 3–6 доби, період квітування–«зелена ягода» у контрольному варіанті тривав 75 діб, у варіантах із досліджуваними препаратами зростав до 77–82 діб, при цьому тривалість вегетаційного періоду зросла відповідно до контролю (108 діб) на 5–8 діб. Слід відмітити подовження вегетаційного періоду на фоні 2 порівняно з фоном 1 на 2–4 доби.

Висота рослин значно різнилась як за роками дослідження, так і варіантами досліду. Проте на початкових етапах росту різниця була незначною (1,3–2,1 см), що ймовірно обумовлено впливом материнської бульби, на що вказують інші дослідники [20]. Найвищу висоту рослин у середньому за 2023–2025 рр. встановлено у фазу «зеленої ягоди» незалежно від фону та варіантів досліду. Зокрема, у контрольному варіанті фону 1 у цю фазу вона становила 51,7 см, за використання Біограну та біофунгіцидів висота зросла до 57,3 см, Біограну + StimPure AA Liquid – 58,2, StimPure AA Liquid – 55,7, Гуміфілду – 58,5, VIT-ORG VG – 60,4 см, що у відсотковому вираженні становило 7,2–16,8. На фоні 2 (подвійний сидерат + перегній 40 т/га) у контролі висота сягала 54,6 см, що вище контрольного варіанту фону 1 на 5,6 % та зростала за обробки бульб і рослин біостимуляторами та біофунгіцидами на 6,4–9,9 см. Найвищі показники висоти відмічено за використання VIT-ORG VG+Мікохелп – 64,5 см, що перевищує контроль на 18,1 %. За результатами дисперсійного аналізу встановлено силу впливу досліджуваних факторів на висоту рослин, які розподілились наступним чином: фактор А – 37,8 %, фактор В – 24,7, фактор С – 4,1, взаємодія факторів АВ – 7,3, АС – 5,1, ВС – 2,6, АВС – 3,2, метеоумови 14,8, похибка – 0,8 %.

Одними з ключових показників, що визначають рівень продуктивності картоплі, є стеблоутворювальна здатність садивних бульб і параметри формування стеблостою. Кожне стебло, власне, є окремою рослиною зі сформованою кореневою системою. Загалом одна бульба картоплі може продукувати від 3 до 8 стебел, що залежить від сортових особливостей, фракції садивного матеріалу, погодних умов та інших факторів [21]. Характеризуючи дані рисунка 1 можна зазначити, що на фоні 1 кількість стебел у контрольному варіанті становила від 3,7 до 4,5 штук у різні роки досліджень, на фоні 2 аналогічного варіанту – 3,8–4,7 штук. Використання біостимуляторів та біофунгіцидів сприяло збільшенню кількості стебел завдяки пригніченню апікального домінування та активації ростових процесів бічних і нижніх вічок бульб. Зокрема, на фоні 1 кількість стебел за використання Біограну та біофунгіцидів зросла до 3,9–4,6 штук, Біограну + StimPure AA Liquid – 4,0–4,7, StimPure AA Liquid – показники були на рівні контролю (препарат застосовували фоліарно двічі – у фази бутонізації та квітування, коли стебла були вже сформовані), Гуміфілду – 3,9–5,0, VIT-ORG VG – 4,1–5,3 штук. На фоні 2 спостерігали подібну тенденцію до збільшення кількості стебел за використання біостимуляторів та біофунгіцидів. Найбільшу кількість стебел зафіксовано на варіанті фону 2 за використання VIT-ORG VG та Мікохелпу 5,5 штук у 2025 році.

Загалом слід зазначити, що різниця у кількості стебел на фоні 1 та фоні 2 є незначною у рівнозначних варіантах – 0,2–0,4 шт. на кущ і підтверджує факт генетичної обумовленості вказаної ознаки та її варіювання лише при застосуванні окремих заходів, як-от використання біостимуляторів. З урахуванням кількості стебел на один кущ та відсотка польової схожості, щільність стеблостою на один гектар в середньому за роки досліджень була на фоні 1 у контрольному варіанті 203,2 тис. шт./га та зростала за використання біостимуляторів і Мікохелпу до 210–260,8 тис. шт./га, за використання Фітохелпу вона не перевищувала 249,2 тис. шт./га. За внесення перегною на фоні заорювання сидеральної біомаси (фон 2) щільність стеблостою збільшувалась на 7,6 % у порівнянні з фоном 1 та зростала на 13,8–37,6 % у варіантах, де застосовували біостимулятори і біофунгіциди. Максимальні показники щільності стеблостою зафіксовано у варіанті фону 2 за обробки бульб і рослин VIT-ORG VG та Мікохелп – 279,7 тис. штук стебел на гектар.

Біостимулятори за обробки бульб і рослин стимулюють метаболічні процеси, цілеспрямовано змінюють швидкість початкових реакцій росту. Пришвидшують швидкість формування листкової поверхні та активують процеси фотосинтезу [13]. Дані обліків щодо накопичення сирої маси картоплиння показали, що на фоні 1 найбільш швидкими темпами ріст картоплиння проходив за використання VIT-ORG VG та Мікохелпу. У фазу «зеленої ягоди» маса картоплиння становила 13,2–14,7 т/га (за роками дослідження), що перевищувало контроль на 14,9–16,8 %.

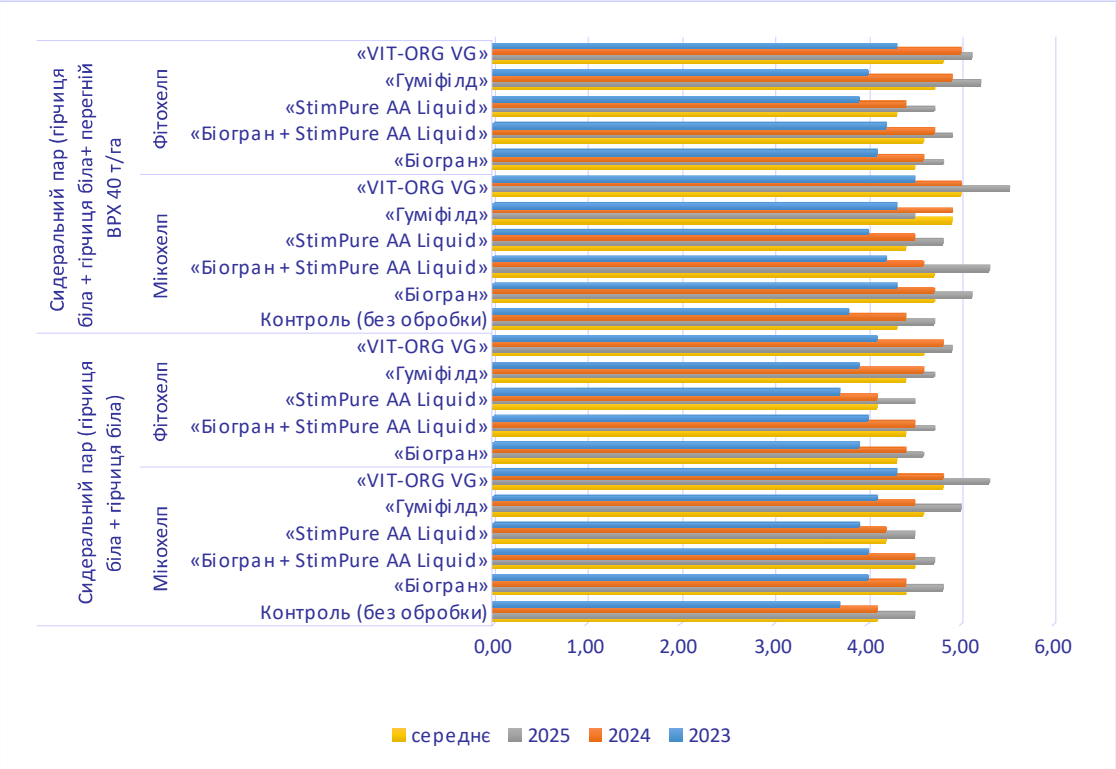


Рис. 1. **Вплив органічних добрив, біостимуляторів та біофунгіцидів на кількість стебел картоплі сорту Мирослава, шт./кущ,** (2023–2025 рр.).

Заорювання перегною в дозі 40 т/га і біомаси гірчиці білої сприяло зростанню маси картоплиння у контрольному варіанті до 12,6–13,4 т/га, у варіантах з біостимуляторами до 16,3–17,9 т/га, що на 22,6 % вище у порівнянні з фоном 1 в середньому за варіантами досліду.

Основним критерієм оцінки всіх агротехнічних заходів є кінцевий урожай, його величина та якість. Результати досліджень засвідчили залежність урожайності від удобрення та застосування біостимуляторів і біофунгіцидів (табл. 3).

У контролі за умови заорювання сидеральної маси гірчиці білої, урожайність картоплі в середньому за три роки досліджень становила 22,3 т/га. Внесення перегною (40 т/га) на фоні сидерату сприяло зростанню урожайності до 27,2 т/га або 22,7 %.

Обробка бульб і рослин біостимуляторами та біофунгіцидами забезпечила зростання урожайності. Зокрема, на фоні 1 урожайність зростала на 2,7–14,8 %. Найвищі значення відмічено у варіантах, де застосовували Біогран + StimPure AA Liquid+ Мікохелп – 25,0 та VIT-ORG VG + Мікохелп – 25,6 т/га. На фоні 2 зростання урожайності у відсотковому еквіваленті становило від 5,1 до 18,7 %. Максимальні показники у досліді зафіксовано у варіантах аналогічних фону 1 – 31,8 та 32,3 т/га. Різниця урожайності відносно досліджуваних біофунгіцидів була незначною і не перевищувала 1,1 т/га на фоні 1 та 1,7 т/га на фоні 2.

Слід відмітити значне варіювання урожайності за роками досліджень. Зокрема, на фоні 1 у 2023 та 2024 рр., які характеризувались «екстримальними» погодними умовами, урожайність у контролі становила 20,6 та 19,6 т/га. У відносно сприятливому 2025 р. вона досягала показника у 26,7 т/га. На фоні 2 урожайність у контролі була наступною: 2023 р. – 26,1; 2024 р. – 23,5; 2025 р. – 32,0 т/га. Незалежно від фону встановлено тенденцію щодо зростання урожайності за використання біостимуляторів та біофунгіцидів, при цьому за несприятливих умов вегетаційних періодів 2023–2024 рр. відсоток зростання був вищим у порівнянні з 2025 роком.

Таблиця 3 – **Урожайність картоплі сорту Мирослава за дії органічних добрив, біостимуляторів та біофунгіцидів,** т/га

Фон (фактор А)	Біопрепарати (фактор В)	Біофунгіциди (фактор С)	Урожайність, т/га				± до контролю
			2023	2024	2025	середнє	
Сидеральний пар (гірчиця біла+гірчиця біла)	Контроль (без обробки)	Контроль (без обробки)	20,6	19,6	26,7	22,3	-
	«Біогран»	Мікохелп	22,0	20,7	27,5	23,4	1,1
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		24,0	22,8	28,2	25,0	2,7
	«StimPure AA Liquid»		22,3	19,8	26,9	23,0	0,7
	«Гуміфілд»		23,2	21,9	28,6	24,5	2,2
	«VIT-ORG VG»		23,7	23,2	30,1	25,6	3,3
	«Біогран»	Фітохелп	22,0	20,5	26,8	23,1	0,8
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		22,7	21,9	28,0	24,2	1,9
	«StimPure AA Liquid»		20,8	19,7	26,8	22,9	0,7
	«Гуміфілд»		22,8	21,1	28,1	24,0	1,7
	«VIT-ORG VG»		22,3	21,6	29,0	24,3	2,0
Сидеральний пар (гірчиця біла+гірчиця біла) + перегній ВРХ 40 т/га	Контроль (без обробки)	Контроль (без обробки)	26,1	23,5	32,0	27,6	-
	«Біогран»	Мікохелп	28,4	25,7	35,0	29,7	2,1
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		31,2	28,4	36,1	31,8	4,2
	«StimPure AA Liquid»		28,3	28,1	35,3	30,5	2,9
	«Гуміфілд»		27,9	26,9	35,7	30,0	2,4
	«VIT-ORG VG»		29,3	26,7	38,3	32,3	4,7
	«Біогран»	Фітохелп	27,6	25,1	34,6	29,1	0,6
	«Біогран + StimPure AA Liquid»		28,9	27,9	35,3	30,7	3,1,0
	«StimPure AA Liquid»		26,6	25,6	33,6	28,6	1,0
	«Гуміфілд»		27,1	25,9	34,9	29,3	1,7
	«VIT-ORG VG»		30,2	26,8	37,2	31,4	3,8
$НІР_{0,5}$	АВС А В С		1,68 1,09 0,97 1,06	2,08 0,99 1,07, 1,14	1,97 1,04 1,23 1,19	1,94 0,98 1,13 1,18	

Висновки. На основі проведених досліджень можна констатувати, що застосування біостимуляторів та біофунгіцидів на фоні заорювання сидеральної біомаси гірчиці білої (двічі за вегетаційний сезон) та внесення перегною (40 т/га) позитивно впливало на біометричні показники росту, розвитку та урожайності картоплі.

Встановлено вплив досліджуваних факторів на польову схожість картоплі, яка була на рівні 86,2–88,4 у варіантах контролю та зростала до максимальних (у нашому дослідженні) показників на фоні 2 за обробки бульб «VIT-ORG VG» та Мікохелп – 97,3 %. Передсадивна обробка бульб картоплі біостимуляторами та біофунгіцидами, незалежно від фону, призводила до затримання періоду садіння–сходи на 1–4 доби і пролонгування наступних міжфазних періодів та загалом терміну вегетації на 5–8 діб.

Відмічено тенденцію до збільшення лінійних показників висоти рослин картоплі на 5,5–18,1 %, кількості стебел на 0,2–04 шт./кущ та щільності стеблостою на 13,8–37,6 % за використання біостимуляторів і біофунгіцидів.

Показано значне міжрічне варіювання урожайності від 19,6 до 26,7 т/га на фоні 1 та 23,5–32,0 т/га на фоні 2. Встановлено зростання урожайності в середньому за 2023–2025 рр. за використання біопрепаратів на 2,7–14,8 % на фоні 1 та 5,1–18,7 % на фоні 2. Максимальні показники у досліді зафіксовано у варіантах, де фоном слугувала сидеральна маса гірчиці білої + 40 т/га перегною ВРХ у поєднанні з Біогран + StimPure AA Liquid+ Мікохелп – 31,8 та VIT-ORG VG + Мікохелп – 32,3 т/га. Різниця урожайності відносно досліджуваних біофунгіцидів була незначною і не перевищувала 1,1 т/га на фоні 1 та 1,7 т/га на фоні 2.

Отримані результати доцільно рекомендувати для впровадження в систему органічного землеробства як обґрунтовані агротехнологічні заходи, спрямовані на підвищення врожайності та окремих показників її формування з урахуванням зони вирощування та міжфазних періодів вегетації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Current Trends in Organic Vegetable Crop Production: Practices and Techniques / J.A. Fernández et al. Horticulturae. 2022. Vol. 8. P. 893–915. DOI: 10.3390/horticulturae8100893

2. Recent Advances in Organic Potato Cultivation / A. Adarsh et al. Advances in Research on Potato Production. Advances in Olericulture. Springer, Cham. 2025. P. 185–204. DOI: 10.1007/978-3-031-82710-5_94.

3. Willer H., Trávnícek J., Meier C., Schlatter B. The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2021. FIBL: Frick, Switzerland; IFOAM Organics International: Bonn, Germany, 2021. 336 p.

4. Variation of Flavonoids in a Collection of Peppers (Capsicum Sp.) under Organic and Conventional Cultivation: Effect of the Genotype, Ripening Stage and Growing System / A.M. Ribes-Moya et al. J. Sci. Food Agric. 2020. Vol. 100. P. 2208–2223. DOI: 10.1002/jsfa.10245

5. Statistics on Organic Agriculture. URL: http://www.fibl.org/en/themes/organic-farming-statistics.html

6. Підсумки 2024 року в органічному секторі. URL: https://organicinfo.ua/news/results-of-2024/

7. IFOAM. Organic Agriculture and Its Benefits for Climate and Biodiversity. IFOAM: Brussels, Belgium, 2022. P. 1–16.

8. Статистичний щорічник України за 2024 рік / за ред. А.В. Макарчука. Київ: Державна служба статистики України, 2025. 273 с. URL: https://stat.gov.ua/uk/publications/statystychnyy-shchorichnyk-ukrayiny-2024

9. Поліщук В.О., Журавель С.В., Смаглій В.О. Вплив біологічних препаратів та удобрення на формування врожаю картоплі сорту «Граната» за альтернативної технології вирощування. Таврійський науковий вісник. 2024. № 141. Ч. 2. С. 31–37. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.141.2.5

10. Ierna A., Distefano M. Crop Nutrition and Soil Fertility Management in Organic Potato Production Systems. Horticulturae. 2024. Vol. 10. Issue 8. P. 886–914. DOI: 10.3390/horticulturae10080886

11. The phenology, yield and tuber composition of ‘early’ crop potatoes: A comparison between organic and conventional cultivation systems / S. Lombardo et al. Renewable Agriculture and Food Systems. 2013. Vol. 28. Issue 1. P. 50–58. DOI: 10.1017/ S1742170511000640

12. Organic Food and Impact on Human Health: Assessing the Status Quo and Prospects of Research / M. Huber et al. NJAS-Wagening. J. Life Sci. 2021. Vol. 58. P. 103–109. DOI: 10.1016/j.njas.2011.01.004

13. Use of Different Types of Extracts as Biostimulators in Organic Agriculture / M. Duri´ et al. Acta Agric. Serbica. 2019. Vol. 24. P. 27–39. DOI: 10.5937/AASer1947027D

Bulgari R., Trivellini A., Ferrante A. Effects of Two Doses of Organic Extract-Based Biostimulant on Greenhouse Lettuce Grown under Increasing NaCl Concentrations. Front. Plant Sci. 2019. Vol. 9. P. 1870–1884. DOI: 10.3389/fpls.2018.01870

Santini G., Biondi N., Rodolfi L., Tredici M.R. Plant Biostimulants from Cyanobacteria: An Emerging Strategy to Improve Yields and Sustainability in Agriculture. Plants. 2021. Vol 10. Issue 4. P. 643–665. DOI: 10.3390/plants10040643

14. Prospection of cyanobacteria producing bioactive substances and their application as potential phytostimulating agents / A. Toribio et al. Biotechnol. Rep. 2020. Vol. 26. e00449. DOI: 10.1016/j.btre.2020.e00449

15. Картоплярство: методика дослідної справи / за ред. А.А. Бондарчука, В.А. Колтунова. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 652 с. URL: https://www.ikar.org.ua/_files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b090c3254bffeada.pdf

16. Марценюк Я.Ю. Ефективність дії рістрегулюючих препаратів на процеси формування продуктивності картоплі в умовах Південного Полісся України. Таврійський науковий вісник. 2024. № 136. Ч. 2. С. 26–34. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.136.2.4

17. The impact of organic vs. conventional agricultural practices on selected quality features of eight potato cultivars / R. Kazimierczak et al. Agronomy. 2019. Vol. 9. P. 799–813. DOI: 10.3390/agronomy9120799

18. Gelaye Y. Effect of combined application of organic manure and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of potato: A review. Cogent Food Agric. 2023. Vol. 9. P. 2217603–2217620. DOI: 10.1080/23311932.2023.2217603

Harraq A., Sadiki K., Bourioug M., Bouabid R. Organic fertilizers mineralization and their effect on the potato “Solanum tuberosum” performance in organic farming. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 2022. Vol. 21. P. 255–266. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.09.003

REFERENCES

1. Fernández, J.A., Ayastuy, M.E., Belladonna, D.P., Comezaña, M.M., Contreras, J., de Maria Mour, I., Orden, L., Rodríguez, R.A. (2022). Current trends in organic vegetable crop production: practices and techniques. Horticulturae. Vol. 8, pp. 893–915. DOI: 10.3390/horticulturae8100893

2. Adarsh, A., Ray, P.K., Singh, H.K., Solankey, S.S., Singh, K.K., Kanth, N. (2025). Recent advances in organic potato cultivation. Advances in Research on Potato Production. Advances in Olericulture. Springer, Cham, pp. 185–204. DOI: 10.1007/978-3-031-82710-5_9

3. Willer, H., Trávnícek, J., Meier, C., Schlatter, B. (2021). The world of Organic agriculture statistics and emerging trends; FIBL: Frick, Switzerland. IFOAM Organics International: Bonn. Germany, 336 p.

4. Ribes-Moya, A.M., Adalid, A.M., Raigón, M.D., Hellín, P., Fita, A., Rodríguez-Burruezo, A. (2020). Variation of Flavonoids in a Collection of Peppers (Capsicum Sp.) under Organic and Conventional Cultivation: Effect of the Genotype, Ripening Stage and Growing System. J. Sci. Food Agric. Vol. 100, pp. 2208–2223. DOI: 10.1002/jsfa.10245

5. Statistics on Organic Agriculture. Available at: http://www.fibl.org/en/themes/organic-farming-statistics.html

6. Pidsumky 2024 roku v orhanichnomu sektori [2024 results in the organic sector]. Available at: https://organicinfo.ua/news/results-of-2024/

7. IFOAM. Organic Agriculture and Its Benefits for Climate and Biodiversity. IFOAM, Brussels, Belgium, 2022, pp. 1–16.

8. Makarchuk, A.V. (2024). Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2024 rik [Statistical Yearbook of Ukraine for 2024]. Kyiv, State Statistics Service of Ukraine, 273 p. Available at: https://stat.gov.ua/uk/publications/ statystychnyy-shchorichnyk-ukrayiny-2024

9. Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V., Smahlii, V.O. Vplyv biolohichnykh preparativ ta udobrennia na formuvannia vrozhaiu kartopli sortu «Hranada» za alternatyvnoi tekhnolohii vyroshchuvannia [The influence of biological preparations and fertilizers on the formation of Granada potato yield under alternative growing technology]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. no. 141(2), pp. 31–37. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.141.2.5

10. Ierna, A., Distefano, M. (2024). Crop nutrition and soil fertility management in organic potato production systems. Horticulturae. Vol. 10(8), pp. 886–914. DOI: 10.3390/horticulturae10080886

11. Lombardo, S., Lo Monaco, A., Pandino, G., Parisi, B., Mauromicale, G. (2013). The phenology, yield and tuber composition of 'early' crop potatoes: A comparison between organic and conventional cultivation systems. Renewable Agriculture and Food Systems. Vol. 28(1), pp. 50–58. DOI: 10.1017/S1742170511000640

12. Huber, M., Rembiałkowska, E., ´Srednicka, D., Bügel, S., Van De Vijver, L.P.L. (2021). Organic food and impact on human health: assessing the status quo and prospects of research. NJAS-Wagening. J. Life Sci. Vol. 58, pp.103–109. DOI: 10.1016/j.njas.2011.01.004

13. Duri, M., Mladenovi, J., Boskovi Rako, L., Sekularac, G., Brkovi, D., Pavlovi, N. (2019). Use of different types of extracts as biostimulators in organic agriculture. Acta Agric. Serbica. Vol. 24, pp. 27–39. DOI: 10.5937/AASer1947027D

14. Bulgari, R., Trivellini, A., Ferrante, A. (2019). Effects of two doses of organic extract-based biostimulant on greenhouse lettuce grown under increasing NaCl concentrations. Front. Plant Sci. Vol. 9, pp. 1870–1884. DOI:10.3389/fpls.2018.018703.

15. Santini, G., Biondi, N., Rodolfi, L., Tredici, M.R. (2020). Plant biostimulants from cyanobacteria: an emerging strategy to improve yields and sustainability in agriculture. Plants. Vol. 10, pp. 643–665. DOI: 10.3390/plants10040643

16. Toribio, A., Suárez-Estrella, F., Jurado, M., López, M., López-González, J., Moreno, J. (2020). Prospection of cyanobacteria producing bioactive substances and their application as potential phytostimulating agents. Biotechnol. Rep. Vol. 26, e00449. DOI: 10.1016/j.btre.2020.e00449

17. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A. (eds.) (2019). Kartopliarstvo: metodyka doslidnoi spravy [Potato Growing: Research Methodology]. Vinnytsia, LLC «TVORY», 652 p. Available at: https://www.ikar.org.ua/_files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b-090c3254bffeada.pdf

18. Martseniuk, Ya.Yu. (2024). Dynamika formuvannia produktyvnosti kartopli zalezhno vid strokiv sadinnia [Dynamics of potato productivity formation depending on planting time]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. no. 136(2), pp. 26–34. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.136.2.

19. Kazimierczak, R., ´Srednicka-Tober, D., Hallmann, E., Kopczy´nska, K., Zarzy´nska, K. (2019). The impact of organic vs. conventional agricultural practices on selected quality features of eight potato cultivars. Agronomy. Vol. 9, pp. 799–813. DOI: 10.3390/agronomy9120799

20. Gelaye, Y. (2023). Effect of combined application of organic manure and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of potato: A review. Cogent Food Agric. Vol. 9, pp. 2217603–2217620. DOI: 10.1080/23311932.2023.2217603

21. Harraq, A., Sadiki, K., Bourioug, M., Bouabid, R. (2022). Organic fertilizers mineralization and their effect on the potato "*Solanum tuberosum*" performance in organic farming. J. Saudi Soc. Agric. Sci. Vol. 21, pp. 255–266. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.09.003

Biometry and potato yield under the influence of organic fertilizers, biostimulants and biofungicides in the Polissya region of Ukraine

Nevgod R.

The article presents the results of research on the influence of organic fertilizers, biostimulants, and biofungicides on biometric parameters of growth, development, and yield of potato under the conditions of the Polissia zone of Ukraine.

The studies were conducted in 2023–2025 within a long-term field experiment in a four-field crop rotation on sod-podzolic sandy loam soil. The effect of biological preparations was studied against the background of green manure incorporation of white mustard and in combination with cattle manure application at a rate of 40 t/ha.

It was established that the use of biostimulants and biofungicides increased field emergence from 86.2–88.4 % in the control to 97.3 % in the treatment with VIT-ORG VG and Mycohelp on the organic fertilization background. Pre-planting tuber treatment prolonged the "planting–emergence" period by 1–4 days and extended the overall vegetation period by 5–8 days.

A positive effect on biometric traits was observed: plant height increased by 5.5–18.1 %, the number of stems per plant by 0.2–0.4, and stem density by 13.8–37.6 %. Yield varied significantly across years, ranging from 19.6 to 26.7 t/ha under green manure and from 23.5 to 32.0 t/ha with manure application. On average, yield increases due to biological preparations reached 2.7–14.8 % and 5.1–18.7 %, respectively.

The highest yields (31.8–32.3 t/ha) were obtained with the combined application of green manure (white mustard), cattle manure (40 t/ha), and biopreparation complexes (Biogran + StimPure AA Liquid + Mycohelp; VIT-ORG VG + Mycohelp). The effect of different biofungicides on yield was statistically insignificant.

The results confirm the effectiveness of combining organic fertilizers with biostimulants and biofungicides as an important component of potato cultivation technology under the conditions of Polissia in Ukraine.

Key words: potato, organic fertilizers, green manure, biostimulants, biofungicides, biometric traits, yield.

Copyright: Невгод Р.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:
Невгод Р.В. https://orcid.org/0009-0008-9497-2172

АГРОНОМІЯ

УДК: 633.852:631.524

Адаптація рослин-регенерантів *Hydrangea* L. до умов *ex vitro*

Осіпов М.Ю., Поліщук В.В.

Уманський національний університет

E-mail: m3dsad@gmail.com

Осіпов М.Ю., Поліщук В.В. Адаптація рослин-регенерантів *Hydrangea* L. до умов *ex vitro.* «Агробіологія», 2026. № 1. С. 112–118.

Osipov M., Polishchuk V. Adaptation of *Hydrangea* L. regenerant plants to *ex vitro* conditions. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 112–118.

Рукопис отримано:12.03.2026 р.
Прийнято: 27.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-112-118

ISSN 2310-9270

Одним з основних та найбільш складних етапів мікроклонального розмноження є перенесення рослин з умов *in vitro* до *ex vitro*. Мікропагони, сформовані в культурі *in vitro*, мають адаптуватися до нових умов середовища, які істотно відрізняються за вологістю повітря, освітленістю, температурними коливаннями та ризиком інфікування патогенами. Саме тому, за перенесення рослин-регенерантів у нестерильні умови потрібно забезпечити їм оптимальні умови вирощування та поступову адаптацію до нових умов місцезростання. Рослини-регенеранти роду *Hydrangea* для дорощування з пробірок пересаджували у торф'яні диски. Культивування рослин проводили у спеціальних камерах з контрольованими умовами, після чого їх пересаджували та переносили на стелажі у теплицю для подальшого дорощування і адаптації. Дослідження проводили з трьома видами роду *Hydrangea: H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle', *H. paniculata* 'Grandiflora'. Визначено, що істотний вплив на успішність приживання рослин-регенерантів мали ґрунтові умови. За дорощування рослини пересаджували у контейнери, наповнені різнокомпонентними ґрунтосумішами. Встановлено, що найвищу приживаність рослин на рівні 88,3 % отримано за дорощування у субстраті з 50 % ґрунту лісового, 20 % торфу верхового мохового, 20 % піску річкового та 10 % перліту. Найгірше приживалися рослини, висаджені у лісовий ґрунт (контроль) – усього 16,9 %. За додавання до лісового ґрунту 40 % річкового піску та 10 % перліту відсоток приживаності зростав на 35,8 %, а 30 % торфу верхового мохового та 10 % піску річкового – на 54,8 %, порівняно з контролем. Таке зростання частки приживаності рослин може бути пов'язане з кращою повітропроникністю та дренажем субстрату, що забезпечило оптимальні умови для подальшого розвитку рослин.

Ключові слова: експлант, рослина-регенерант, субстрат, дорощування, приживаність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Процес мікроклонального розмноження рослин здійснюється у кілька послідовних етапів, які передбачають введення у культуру *in vitro* та одержання первинних експлантів, розмноження і забезпечення умов для успішної реалізації морфогенного потенціалу експлантів, підбір рістрегулюючих речовин для досягнення експлантами ризогенезу і одержання рослин-регенерантів; адаптація рослин-регенерантів до умов *ex vitro* [1].

Одним з найсуттєвіших та складних етапів клонального мікророзмноження рослин є їх перенесення з умов *in vitro* в *ex vitro* [2, 3]. Отримані у культурі *in vitro* мікропагони мають адаптуватися до нових умов росту і розвитку, які істотно відрізняються за відносною вологістю повітря, інтенсивністю освітлення, коливанням температури та постійною загрозою

контамінації патогенами [4]. За оцінками, усього 25 % регенерованих *in vitro* мікропагонів може бути успішно пересаджено в умови адаптації та ще менше у польові умови, що пов'язано з їх недосконалими анатомічними і фізіологічними характеристиками, зокрема, недорозвиненою або неактивною восковою кутикулою листка, пошкодженням продихового механізму, низькою фотосинтетичною активністю, вітрифікацією мікропагонів, слабким судинним зв'язком між коренем та пагоном тощо [5–7].

У природних умовах увесь життєвий цикл рослин є адаптацією. Кожен таксон здатен до нормального росту та розвитку у певних умовах зовнішнього середовища, які поєднують коливання температури, водний режим, інтенсивність освітлення, родючість та вологість ґрунту тощо [8].

Щоб перенести рослини з умов *in vitro* в *ex vitro* необхідно забезпечити їх акліматизацію та адаптувати матеріал до температурного режиму, освітлення, вологості [9]. Процес адаптації передбачає підтримання підвищеної вологості для надземної частини рослин з її поступовим зниженням, а також підбір оптимальних умов для розвитку кореневої системи [10]. Використовують дві групи способів адаптації: адаптація пробіркових рослин та проміжне укорінення рослин з використанням фітотронів або теплиць [11, 12].

За першого способу адаптації використовують адаптаційні кімнати, обладнані по типу культуральних приміщень, де оптимальні умови вирощування рослин поступово наближуються до природних, у які буде пересаджено матеріал [13, 14]. За проведення адаптації необхідно враховувати два основні фактори: анатомічний та фізіологічний, які принципово відрізняються між собою у рослин вирощених в *in vitro* [15, 16]. Перша особливість полягає у відсутності або зниженій кількості кутикулярного воску, слабко розвинутій асиміляційній паренхімі та недостатньому функціонуванні продихового апарату [17, 18]. Інший фактор відображає знижену здатність до фотосинтезу внаслідок культивування на середовищах з джерелом вуглеводів. У деяких випадках на коренях пробіркових рослин немає кореневих волосків [19–21]. Ці особливості рослин-регенерантів призводять до швидкого зневоднення за пересадки їх з умов *in vitro* в *ex vitro*, що зумовлює загибель рослин.

За даними Л.Л. Джус, Л.А. Колдар [1], для адаптування рослин-регенерантів до умов *ex vitro* найбільш доцільно пересаджувати рослини з пробірок у торф'яні диски з подальшим дорощуванням у контейнерах.

Мета дослідження. Дослідити особливості адаптації рослин-регенерантів *Hydrangea* L. за перенесення в *ex vitro* та визначити ступінь впливу складу субстрату на відсоток їх приживаності.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено упродовж 2020–2024 рр. у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. Вихідним матеріалом для введення *in vitro* були пагони з апікальною меристемою довжиною 1,0–1,5 см, взяті з трирічних–п'ятирічних рослин. Дослідження проводили з трьома видами роду *Hydrangea: H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle' та *H. paniculata* 'Grandiflora'.

За адаптування до умов *ex vitro* рослини-регенеранти переносили з пробірок так, щоб не пошкодити кореневу систему, сортували за розмірами, промивали у слабкому розчині перманганату калію ($KMnO_4$) та висаджували у торф'яні диски. Культивування висаджених рослин проводили у спеціальних камерах з контрольованим режимом середовища, після чого їх переносили на стелажі у теплицю для подальшого дорощування і адаптації.

Експериментальні дані обробляли методом дисперсійного аналізу за Фішером [22] із використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 та методичних рекомендацій [23].

Результати дослідження та обговорення. Культивування рослин проводили у спеціальних камерах (рис. 1) з регульованим штучним освітленням за фотоперіоду 16 год., температури 22–24 °С та відносної вологості повітря 80–90 %. Камери залишали закритими упродовж 1–2 діб з метою підтримання необхідного рівня вологості.

Через дві доби камери поступово відкривали, зменшуючи вологість повітря до 70–60 % та створюючи умови для пристосування рослин.

Після пересаджування мікропагонів з пробірок, упродовж 12–16 діб, на поверхні торф'яних дисків з'являлися корінчики, що вказувало на активне проходження ростових процесів. Зокрема, відбувався ріст не лише кореневої системи, а й апікальної частини рослини, у результаті якого з'являлися 2–3 пари новоутворених листків. Цей спосіб поступової адаптації забезпечив приживання 86–89 % рослин, що вказує на їх здатність до повного відновлення функції водного обміну.

Рис. 1. **Акліматизаційна камера для адаптації рослин.**

Важливе значення за дорощування рослин *in vitro* мають ґрунтові умови, які здатні задовольнити потребу рослин у поживних речовинах, повітрі, біотичному і фізико-хімічному середовищі, сприяють підвищенню рівня їх приживаності та у подальшому - розвитку рослин-регенерантів впродовж адаптаційного періоду.

Рослини пересаджували у контейнери, наповнені різнокомпонентними ґрунтосумішами (рис. 2) та переносили на стелажі для подальшого дорощування та адаптації.

Для дорощування та адаптації рослин гортензії необхідно використовувати легкий субстрат з оптимальною кислотністю, добрими дренажними властивостями, високою повітропроникністю та достатнім забезпеченням поживними речовинами. Для приготування ґрунтової суміші як основу використано якісний верховий торф середнього ступеня розкладання. До ґрунтової суміші додавали перліт, який забезпечував добрий дренаж та істотно знижував ризик надмірного зволоження субстрату і пов'язаних з цим негативних наслідків (табл. 1). Найвищу приживаність рослин отримано за наступного складу ґрунтосуміші: 50 % ґрунту лісового, 20 % торфу верхового мохового, 20 % піску річкового та 10 % перліту. Такий різнокомпонентний склад сприяв приживанню 88,3 % рослин.

Рис. 2. **Адаптаційний бокс у теплиці.**

Таблиця 1 – **Приживання рослин-регенерантів представників роду *Hydrangea* залежно складу субстрату,** %

Варіант	Назва компоненту субстрату	Вміст компоненту у субстраті, %	Приживання рослин-регенерантів, %
контроль	ґрунт лісовий	100	16,9±1,1
I	ґрунт лісовий торф верховий моховий пісок річковий перліт	50 20 20 10	88,3±3,9
II	ґрунт лісовий торф верховий моховий пісок річковий	40 30 10	71,7±3,2
III	ґрунт лісовий пісок річковий перліт	50 40 10	52,7±2,5

За відсутності у субстраті перліту, спостерігали зниження приживаності рослин до 71,7 %, а за заміни торфу верхового мохового на перліт приживання було найменшим та становило 52,7 %. Імовірніше, зниження показника приживання рослин пов'язане із погіршенням повітропроникності субстрату за відсутності у ґрунтосумішах торфу верхового мохового та піску річкового і зниженням ефективності дренажу за відсутності перліту.

Вода відіграє важливу роль у життєдіяльності рослин, беручи участь у всіх фізіологічних процесах, забезпечуючи транспортування поживних речовин і виведення продуктів обміну, зокрема токсичних сполук [24]. Вона є розчинником органічних і неорганічних сполук, які беруть участь в обміні речовин, та є середовищем проходження усіх біохімічних процесів [25]. Вода безпосередньо бере участь у проходженні процесів фотосинтезу, синтезу і гідролізу, які визначають особливості росту й розвитку рослин та формування біологічного і господарського врожаю рослин [26].

Після висаджування рослин на дорощування, ґрунтосуміш зволожували, не допускаючи її перезволоження. Відповідно до спостережень, культивовані рослини потребували помірного поливу не частіше одного разу на 2–3 доби.

За адаптації рослин роду *Hydrangea* до умов *ex vitro*, важливим чинником є температурний режим, оскільки від нього залежить нормальний перебіг основних процесів життєдіяльності організму, а саме обмін речовин, ріст та розвиток рослини. Відповідно до спостережень з'ясовано, що оптимальною для росту та розвитку рослин була температура на рівні 21–22 ºС, що лише на 2–3 ºС нижче за температуру культивування в умовах *in vitro*.

Інтенсивність освітлення та тривалість фотоперіоду мають важливе значення для адаптації рослин. За проведення досліджень режим освітлення був регульованим, що дозволило дослідити процес дорощування мікроклінів за різної інтенсивності освітлення з використання електроламп «Sylvania Cro-Lux F36W/Cro». Їх спектральний склад випромінювання сприяв активному перебігу біохімічних процесів у рослинах, зокрема фотосинтезу.

Визначено, що інтенсивність освітлення менше 2 тис. люкс призводила до витягування рослин і зниження їх життєздатності, за збільшення освітлення понад 4 тис. люкс інтенсивність росту рослин послаблювалася. За дорощування рослин-регенерантів, ріст та розвиток рослин виду *Hydrangea* краще проходив за інтенсивності освітлення у 3–4 тис. люкс та 15-годинного фотоперіоду.

У другій декаді травня рослини-регенеранти формували добре розвинену надземну частину і міцну кореневу систему, після чого їх висаджували у відкритий ґрунт. Після висаджування рослини обов'язково притінювали упродовж двох діб, а також регулярно зрошували. Приживаність клонів у ґрунті становила близько 100 %. На початковому етапі росту рослинний матеріал мав незначні морфологічні зміни листкового апарату та стебла, однак наприкінці вегетаційного періоду рослини набували характерного для рослин-донорів експлантів вигляду.

Висновки. Важливе значення за дорощування рослин вирощених *in vitro* мають ґрунтові умови. Субстрат є джерелом поживних речовин, забезпечує оптимальні біотичні та фізико-хімічні умови зростання рослин, що сприяє підвищенню їх приживаності та подальшому розвитку у період адаптації. Забез-

печити оптимальні умови адаптації рослин-регенерантів можна завдяки вдало підібраному складу торфосуміші. Найнижчий відсоток приживаності фіксували за дорощування рослин роду *Hydrangea* у лісовому ґрунті (контроль) – 16,9 %. Додавання 40 % піску річкового та 10 % перліту забезпечувало підвищення приживаності на 35,8 %, тимчасом 30 % торфу верхового мохового та 10 % піску річкового – на 54,8 %. Найвищий відсоток приживаності рослин – 88 % - спостерігали у варіанті, де до ґрунту лісового додавали 20 % торфу верхового мохового та піску річкового і 10 % перліту, що забезпечувало оптимальні умови для росту рослин-регенерантів завдяки достатній повітропроникності та дренажу субстрату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Джус Л.Л., Колдар Л.А. Ризогенез експлантів *Silene hypanica* Klokov та їх адаптація до умов ex vitro. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. 2020. № 1–2 (79). С. 48–53.

2. Небиков М.В., Манько А.Є., Єщенко О.В. Акліматизація і дорощування рослин цукрових буряків, вирощених в умовах культури in vitro. Збірник наукових праць УДАУ. 2004. Вип. 57. С. 63–72.

3. Ex vitro rooting and simultaneous micrografting of the walnut hybrid rootstock ‘Paradox’(Juglans hindsi× Juglans regia) cl.‘Vlach’ / H. Ribeiro et al. Agronomy. 2022. No 12(3). 595 p.

4. Natalchuk T., Medvedeva T., Yaremko N., Udovychenko K. Rooting and acclimatization of in vitro produced plants of Prunus cerasus L.‘Ksenia’. EHC2024: International Symposium on Genetic Resources in Horticulture: Screening, Propagation, Use, and Conservation. 2024. No 1439. P. 283–288.

5. Медведєва Т.В. Використання аквакультури для акліматизації культивованих in vitro рослин. Садівництво. 2012. Вип. 66. С. 338–343.

6. Strategies for successful acclimatization and hardening of in vitro regenerated plants: Challenges and innovations in micropropagation techniques / N. Sharma et al. Plant Science Today (Early Access). 2023. URL: https://horizonepublishing.com/journals/index.php/PST/article/view/2376

7. High-throughput in vitro propagation and evaluation of foliar micro-morpho-anatomical stability in Musa acuminata cv.‘Grand Nain’using 6-benzoyladenine (BOA) in the nutrient medium. / M. Manokari et al. Scientia Horticulturae. 2022. No 304. 111334 p.

8. Minas G.J. Sanitation and In Vitro Mass Micropropagation of Mum's (Chrysanthemum spp.) Cultivars Starting from Apical Meristem Tips. International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals. 2007. No 755. P. 317–322.

9. Колесник А.В., Сікура А.О., Гедзур Т.І. Лабораторний практикум з біотехнології. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з циклу «Розмноження рослин in vitro» для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання. Ужгород, 2023. 35 с.

10. Мамчур В.В. Адаптація рослин регенерантів Ailanthus altissima до умов ex vitro. Information and innovative technologies in education in modern conditions: XXIV International scientific and practical conference. Bulgaria: Varna, 2023. P. 14–16.

11. Колдар Л.А. Адаптація рослин-регенерантів Prunus serrulata ‘Kansan’та Cercis siliquastrum ‘Albida’ex vitro. Journal of Native and Alien Plant Studies. 2019. Вип. 15. С. 44–49.

12. Небиков М., Небикова Т. Мікророзмноження представників колекції горобини (Sorbus spp.) Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. Journal of Native and Alien Plant Studies. 2022. № 18. С. 137–155.

13. Mohammed M., Munir M., Ghazzawy H.S. Design and evaluation of a smart ex vitro acclimatization system for tissue culture plantlets. Agronomy. 2022. No 13(1). 78 p.

14. Небиков М.В., Єщенко О.В., Яценко А.О. Буряки з пробірки. Цукрові буряки. 2002. № 6. С. 12–14.

15. Грицак Л.Р., Дробик Н.М. Сучасні технології підвищення стійкості культивованих in vitro рослин до умов ex vitro. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2020. № 26. С. 183–189.

16. Pirata M.S., Correia S., Canhoto J. Ex vitro simultaneous acclimatization and rooting of in vitro propagated tamarillo plants (Solanum betaceum Cav.): Effect of the substrate and mineral nutrition. Agronomy. 2022. No 12(5). 1082 p.

17. Grzelak M., Pacholczak A., Nowakowska K. Challenges and insights in the acclimatization step of micropropagated woody plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2024. No 159(3). 72 p.

18. Micro-morpho-anatomical transitions at various stages of in vitro development of Crinum malabaricum Lekhak and Yadav: A critically endangered medicinal plant / M. Mani et al. Plant Biology. 2023. No 25(1). P. 142–151.

19. Morphophysiology of Ananas comosus during in vitro photomixotrophic growth and ex vitro acclimatization / J.P. Alves et al. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. 2023. No 59(1). P. 106–120.

20. Saeedi S.A. Growth, photosynthetic function, and stomatal characteristics of Persian walnut explants in vitro under different light spectra. Frontiers in Plant Science. 2023. No 14. 1292045 p.

21. Небиков М.В., Манько О.А. Вплив нафтилоцтової кислоти (НОК) на коренеутворення у рослин цукрових буряків в культурі in vitro. Збірник наукових праць ІЦБ УААН. 2000. Вип. 3. С. 90–95.

22. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.

23. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних до-

слідних даних в пакеті STATISTICA 6: методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

24. Krens F.A., Jamar D. The role of explant source and culture conditions on callus induction and shoot regeneration in sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). Journal of Plant Physiology. 1989. Vol. 134 (6). P. 651–655.

25. Greer S.P., Rinehart T.A. Dormancy and Germination In Vitro Response of Hydrangea macrophylla and Hydrangea paniculata Seed to Light, Cold-Treatment and Gibberellic Acid. Journal of Environmental Horticulture. 2010. No 28 (1). P. 41–47.

26. Koutb M. Water Breakdown during Photosynthesis and Transpiration in Plants as a Scientific Miracle in the Qur'an. Journal of Interdisciplinary Qur'anic Studies. 2022. No 1(2). P. 169–185.

REFERENCES

1. Dzhus, L.L., Koldar, L.A. (2020). Ryzohenez eksplantiv Silene hypanica Klokov ta yikh adaptatsiia do umov ex vitro [Rhizogenesis of Silene hypanica Klokov explants and their adaptation to ex vitro conditions]. Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka [Scientific notes of the Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University]. no. 1–2 (79), pp. 48–53.

2. Nebykov, M.V., Manko, A.Ye., Yeshchenko, O.V. (2004). Aklimatyzatsiia i doroshchuvannia roslyn tsukrovykh buriakiv, vyroshchenykh v umovakh kultury in vitro [Acclimatization and cultivation of sugar beet plants grown in vitro conditions]. Zbirnyk naukovykh prats UDAU [Collection of scientific works of UNUH]. no. 57, pp. 63–72.

3. Ribeiro, H., Ribeiro, A., Pires, R., Cruz, J., Cardoso, H., Barroso, J.M., Peixe, A. (2022). Ex vitro rooting and simultaneous micrografting of the walnut hybrid rootstock 'Paradox'(Juglans hindsi× Juglans regia) cl.'Vlach'. Agronomy. no. 12(3), 595 p.

4. Natalchuk, T., Medvedeva, T., Yaremko, N., Udovychenko, K. (2024). Rooting and acclimatization of in vitro produced plants of Prunus cerasus L.'Ksenia'. EHC2024: International Symposium on Genetic Resources in Horticulture: Screening, Propagation, Use, and Conservation. no. 1439, pp. 283–288.

5. Medvedieva, T.V. (2012). Vykorystannia akvakultury dlia aklimatyzatsii kultyvovanykh in vitro roslyn [Use of aquaculture for acclimatization of plants cultivated in vitro]. Sadivnytstvo [Horticulture]. no. 66, pp. 338–343.

6. Sharma, N., Kumar, N., James, J., Kalia, S., Joshi, S. (2023). Strategies for successful acclimatization and hardening of in vitro regenerated plants: Challenges and innovations in micropropagation techniques. Plant Science Today (Early Access). Available at: 10.14719/pst.2376

7. Manokari, M., Badhepuri, M.K., Cokulraj, M., Rajput, B.S., Dey, A., Faisal, M., Alatar A.A., Alok A., Shekhawat, M.S. (2022). High-throughput in vitro propagation and evaluation of foliar micro-morpho-anatomical stability in Musa acuminata cv. Grand Nain'using 6-benzoyladenine (BOA) in the nutrient medium. Scientia Horticulturae. no. 304, 111334 p.

8. Minas, G.J. (2007). Sanitation and In Vitro Mass Micropropagation of Mum's (Chrysanthemum spp.) Cultivars Starting from Apical Meristem Tips. International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals. no. 755, pp. 317–322.

9. Kolesnyk, A.V., Sikura, A.O., Hedzur, T.I. (2023). Laboratornyi praktykum z biotekhnolohii. [Laboratory workshop on biotechnology]. Metodychni rekomendatsii do laboratornykh robit z tsyklu «Rozmnozhennia roslyn in vitro» dlia studentiv biolohichnoho fakultetu dennoi ta zaochnoi formy navchannia [Methodological recommendations for laboratory work in the cycle "Plant propagation in vitro" for full-time and part-time students of the Faculty of Biology]. Uzhhorod, 35 p.

10. Mamchur, V.V. (2023). Adaptatsiia roslyny rehenerantiv Ailanthus altissima do umov ex vitro [Adaptation of Ailanthus altissima regenerants to in vitro conditions]. Information and innovative technologies in education in modern condition: XXIV International scientific and practical conference. Bulgaria, Varna, pp. 14–16.

11. Koldar, L.A. (2019). Adaptatsiia roslyn-rehenerantiv Prunus serrulata 'Kansan'ta Cercis siliquastrum 'Albida'ex vitro [Adaptation of regenerated plants Prunus serrulata 'Kansan' and Cercis siliquastrum 'Albida' ex vitro]. Journal of Native and Alien Plant Studies. no. 15, pp. 44–49.

12. Nebykov, M., Nebykova, T. (2022). Mikrorozmnozhennia predstavnykiv kolektsii horobyny (Sorbus spp.) Natsionalnoho dendrolohichnoho parku «Sofiivka» NAN Ukrainy [Micropropagation of representatives of the rowan collection (Sorbus spp.) of the National Dendrological Park "Sofiyivka" of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Journal of Native and Alien Plant Studies. no. 18, pp. 137–155.

13. Mohammed, M., Munir, M., Ghazzawy, H.S. (2022). Design and evaluation of a smart ex vitro acclimatization system for tissue culture plantlets. Agronomy. no. 13(1), 78 p.

14. Nebykov, M.V., Yeshchenko, O.V., Yatsenko, A.O. (2002). Buriaky z probirky [Beets from a test tube]. Tsukrovi buriaky [Sugar beets]. no. 6, pp. 12–14.

15. Hrytsak, L.R., Drobyk, N.M. (2020). Suchasni tekhnolohii pidvyshchennia stiikosti kultyvovanykh in vitro roslyn do umov ex vitro [Modern technologies for increasing the resistance of in vitro cultivated plants to ex vitro conditions]. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv [Factors of experimental evolution of organisms]. no. 26, pp. 183–189.

16. Salgado Pirata, M., Correia, S., Canhoto, J. (2022). Ex vitro simultaneous acclimatization and rooting of in vitro propagated tamarillo plants (Solanum betaceum Cav.): Effect of the substrate and mineral nutrition. Agronomy. no. 12(5), 1082 p.

17. Grzelak, M., Pacholczak, A., Nowakowska, K. (2024). Challenges and insights in the acclimatization step of micropropagated woody plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. no. 159(3), 72 p.

18. Mani, M., Mathiyazhagan, C., Dey, A., Faisal, M., Alatar, A.A., Alok, A., Shekhawat, M.S. (2023). Micro-morpho-anatomical transitions at various stages of in vitro development of Crinum malabaricum

Lekhak and Yadav: A critically endangered medicinal plant. Plant Biology. no. 25(1), pp. 142–151.

19. Alves, J.P., Pinheiro, M.V.M., Corrêa, T.R., Alves, G.L., dos Santos Marinho, T.R., Batista, D.S., Figueiredo F.A.M.M.A., Reis F.O., Ferraz T.M., Campostrini, E. (2023). Morphophysiology of Ananas comosus during in vitro photomixotrophic growth and ex vitro acclimatization. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. no. 59(1), pp. 106–120.

20. Saeedi, S.A., Vahdati, K., Sarikhani, S., Daylami, S.D., Davarzani, M., Gruda, N.S., Aliniaeifard, S. (2023). Growth, photosynthetic function, and stomatal characteristics of Persian walnut explants in vitro under different light spectra. Frontiers in Plant Science. no. 14, 1292045 p.

21. Nebykov, M.V., Manko, O.A. (2000). Vplyv naftylotstovoi kysloty (NOK) na koreneutvorennia u roslyn tsukrovykh buriakiv v kulturi in vitro [The effect of naphthylacetic acid (NHA) on root formation in sugar beet plants in vitro culture]. Zbirnyk naukovykh prats ITsB UAAN [Collection of scientific works of the ICB of the UAAS]. no. 3, pp. 90–95.

22. Fisher, R.A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi, Cosmo Publications, 354 p.

23. Ermantraut, E.R., Prysiazhniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6: metodychni vkazivky [Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6: methodological guidelines]. Kyiv, 55 p.

24. Krens, F.A., Jamar, D. (1989). The role of explant source and culture conditions on callus induction and shoot regeneration in sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). Journal of Plant Physiology. no. 134 (6), pp. 651–655.

25. Greer, S.P., Rinehart, T.A. (2010). Dormancy and Germination In Vitro Response of Hydrangea macrophylla and Hydrangea paniculata Seed to Light, Cold-Treatment and Gibberellic Acid. Journal of Environmental Horticulture. no. 28 (1), pp. 41–47.

26. Koutb, M. (2022). Water Breakdown during Photosynthesis and Transpiration in Plants as a Scientific Miracle in the Qur'an. Journal of Interdisciplinary Qur'anic Studies. no. 1(2), pp. 169–185.

Adaptation of *Hydrangea* L. regenerant plants to *ex vitro* conditions

Osipov M., Polishchuk V.

One of the main and most challenging stages of microclonal propagation is the transfer of plants from *in vitro* to *ex vitro* conditions. Microshoots formed in *in vitro* culture must adapt to new environmental conditions that differ significantly in air humidity, light intensity, temperature fluctuations, and the risk of pathogen infection. Therefore, when transferring regenerated plants to non-sterile conditions, it is necessary to provide optimal growing conditions and ensure their gradual adaptation to the new environment.

Regenerated plants of the genus *Hydrangea* intended for further cultivation were transplanted from test tubes into peat pellets. The plants were cultivated in special chambers under controlled conditions, after which they were transplanted into containers and transferred to greenhouse benches for further growth and adaptation.

The study was conducted using three cultivars/species of the genus *Hydrangea*: *H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle', and *H. paniculata* 'Grandiflora'. It was determined that substrate composition had a significant effect on the survival of regenerated plants. During further cultivation, the plants were transplanted into containers filled with multicomponent substrate mixtures.

The highest survival rate (88.3 %) was obtained when plants were grown in a substrate consisting of 50 % forest soil, 20 % high-moor peat, 20 % river sand, and 10 % perlite. The lowest survival rate was observed in plants grown in forest soil alone (control), amounting to only 16.9 %. When 40 % river sand and 10 % perlite were added to the forest soil, the survival rate increased by 35.8 %, while the addition of 30 % high-moor peat and 10 % river sand increased the survival rate by 54.8 % compared with the control.

The increased plant survival may be associated with improved substrate aeration and drainage, which provided optimal conditions for further plant development.

Key words: explant, regenerant plant, substrate, acclimatisation, survival rate.

Copyright: Осіпов М.Ю., 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:
Осіпов М.Ю. https://orcid.org/0000-0001-7004-1164
Поліщук В.В. https://orcid.org/0000-0001-8157-7028

АГРОНОМІЯ

УДК 635.21:631.559:581.5(477.41)

Екологічна чутливість формування врожайності картоплі різних груп стиглості за контрастних гідротермічних умов

Писаренко Н.В.[1], Захарчук Н.А.[2], Олійник Т.М.[2]

[1] *Поліське дослідне відділення ІК НААН України*

[2] *Інститут картоплярства НААН України*

E-mail: vs_potato@meta.ua

OPEN ACCESS

Писаренко Н.В., Захарчук Н.А., Олійник Т.М. Екологічна чутливість формування врожайності картоплі різних груп стиглості за контрастних гідротермічних умов. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 119–129.

Pysarenko N., Zakharchuk N., Oliinyk T. The environmental sensitivity of potato yield formation in different maturity groups under contrasting hydrothermal conditions. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 119–129.

Рукопис отримано: 03.03.2026 р.
Прийнято: 18.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-119-129

ISSN 2310-9270

Досліджено особливості формування врожайності 72 генотипів картоплі різних груп стиглості за контрастних гідротермічних умов 2022–2025 рр. у зоні Житомирського Полісся. Обліки проводили на 65-ту (Т1), 80-ту (Т2) добу від садіння та за кінцевого збирання (Т3). Встановлено істотну варіабельність темпів накопичення врожаю за роками. У сприятливі 2022 та 2025 рр. швидкість формування врожаю в період Т1–Т2 становила 0,40–0,51 т/га/добу, тимчасом у 2023 р. знизилася на 43–58 % ($P < 0,001$). Найбільш критичною виявилася фаза Т2–Т3 (80–115-та доба), де в посушливому 2023 р. темпи накопичення зменшилися на 69–86 % порівняно з 2022 р. ($P < 0,001$). Кінцева врожайність у сприятливі роки становила 23–28 т/га, тимчасом у 2023 р. знизилася у 2,5–2,7 раза ($P < 0,001$). В 2024 р. за умов екстремальної посухи врожайність була 20–28 % нижчою за рівень 2022 р. ($P < 0,001$), а міжгрупові відмінності нівелювалися ($P > 0,05$). Коефіцієнт варіації зростав до 39 % у стресові роки. Середньостиглі генотипи реалізували найвищий продуктивний потенціал у сприятливі роки (до 28,2 т/га в 2025 р., $P < 0,01$), однак характеризувалися більшою варіабельністю за посухи. Ранні форми мали нижчий максимум продуктивності, проте демонстрували відносно стабільнішу реакцію. Аналіз пластичності засвідчив зростання β-коефіцієнтів упродовж вегетації. На етапі Т1 всі групи характеризувалися стабільним типом реакції ($\beta < 1$). На момент основного збирання середньостиглі генотипи переходили до інтенсивного типу ($\beta = 1,04$), тимчасом ранні ($\beta = 0,81$) та середньоранні ($\beta = 0,91$) зберігали стабільний або середньопластичний тип адаптації. Встановлено сильні кореляційні зв'язки між продуктивністю та показниками водного і температурного режимів. Кінцева врожайність найтісніше пов'язана зі швидкістю накопичення в період Т2–Т3 ($r = 0,973$; $P < 0,001$), індексом вологості ґрунту GWET ($r = 0,912$; $P < 0,001$) та кількістю днів із $T_{max} > 30$ °C ($r = -0,879$; $P < 0,001$). Побудована регресійна модель ($R^2 = 0,972$; $P < 0,0001$) показала, що кожне збільшення GWET на 0,1 підвищує врожайність на 1,8 т/га, тимчасом кожен додатковий день спеки знижує її на 0,48 т/га. Доведено, що визначальним періодом формування врожайності є фаза Т2–Т3, а ключовими лімітуючими чинниками – дефіцит доступної ґрунтової вологи та кількість днів із $T_{max} > 30$ °C у липні–серпні. Отримані результати можуть бути використані для прогнозування продуктивності генотипів картоплі за умов міжрічної кліматичної мінливості.

Ключові слова: картопля, селекційний матеріал, екологічна пластичність, динаміка накопичення врожаю, гідротермічний стрес, дефіцит вологи, $T_{max} > 30$ °C, GWET, β-коефіцієнт, прогнозна модель, адаптивність, Житомирське Полісся.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є важливою продовольчою та економічною культурою в Україні, зокрема в Центральному Поліссі, де вона відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки [1, 2]. Однак продуктивність картоплі значною мірою обмежується посухостійкістю культури, оскільки вона характеризується порівняно поверхневою і малорозвиненою кореневою системою, що обмежує поглинання ґрунтової вологи за вододефіцитних умов і зумовлює зниження урожайності [3, 4]. Середній об'єм води, необхідний картоплі для реалізації потенціалу врожайності, значно варіює залежно від агрокліматичних умов, але часто перевищує 140–300 мм на вегетацію, тимчасом дефіцит вологи у літній період може знизити продуктивність до 50–70 % порівняно з оптимальними умовами вирощування [5].

Експериментальні дослідження підтверджують, що посуха є одним із головних факторів зниження врожаю картоплі, спричинюючи зміни у фазах розвитку рослини, затримку проростання, зменшення кількості та розміру бульб, погіршення якісних показників продукції [6–8]. У дослідах з різними рівнями дефіциту води відмічено, що зменшення поливу навіть на 20–40 % може призвести до зниження врожайності на 8,6–29,6 %, причому ступінь втрат залежить від етапу вирощування та генотипу [9]. Біофізіологічні механізми впливу на посуху включають закриття продихів, зниження водного потенціалу листків, пригнічення фотосинтезу та скорочення тривалості вегетації, що загалом зумовлює зменшення біомаси рослин і уповільнення ростових процесів [10–14]. Накопичення сухої речовини в бульбах за умов стресу є адаптивною реакцією, а не компенсаторним механізмом продуктивності [15].

Фазова чутливість до водного стресу розглядається в численних дослідженнях як критичний фактор варіації врожайності. Встановлено, що період бульбоутворення та інтенсивного наливу є найбільш вразливим до дефіциту вологи: генотипи з високою водною ефективністю (WUE) та зниженою водною насиченістю листків демонструють меншу втрату продуктивності порівняно із сортами з низькою WUE [16, 17]. Дослідження в умовах тропічного клімату засвідчили, що посуха порушує синхронність розвитку надземної та підземної частин рослин, що в результаті призводить до диспропорцій у розподілі асимілятів [8]. Аналіз польових серій в Україні виявив генотипи з високою здатністю адаптуватися до посухи, зокрема сорти та гібриди, які демонструють стабільну врожайність за неоднорідних гідротермічних умов [18–21]. Морфофізіологічні дослідження показують, що диференційовані механізми водоспоживання, фотосинтетичного збереження та структури кореневої системи забезпечують толерантність генотипів, що підкреслює важливість включення таких показників у селекційні програми [22, 23].

Екологічна пластичність та адаптивність генотипів картоплі до мінливих умов середовища є предметом активних досліджень [24]. Класичні роботи з оцінки взаємодії «генотип × середовище» (G×E) базуються на регресійних методах, зокрема β-коефіцієнти Eberhart & Russell [25], що дозволяє класифікувати генотипи за типом реакції на зміну умов. Проте останні дослідження оцінюють пластичність лише за кінцевою врожайністю, хоча встановлено, що чутливість врожайності до водного дефіциту істотно залежить від фази розвитку рослин [26], яка може надати додаткову інформацію про критичні періоди формування продуктивності та механізми адаптації на різних етапах онтогенезу.

Кількісні зв'язки між гідротермічними факторами та продуктивністю традиційно оцінюють за допомогою агрометеорологічних індексів, зокрема гідротермічного коефіцієнта Селянінова. Проте такі підходи базуються переважно на даних наземних станцій і не завжди забезпечують достатню просторову репрезентативність, особливо в регіонах із розрідженою мережею спостережень. У цьому контексті дедалі більшого поширення набувають супутникові та реаналітичні продукти, зокрема індекс вологості ґрунту GWET у межах бази NASA POWER, які дозволяють інтегровано оцінювати температурний режим, опади та вологозабезпечення кореневої зони [27]. Показано, що модельовані дані NASA щодо вологості ґрунту можуть використовуватися як індикатори агрокліматичних ризиків, зокрема для оцінювання посухостійкості та прогнозування врожайності [28]. Водночас регіональні дослідження в Україні засвідчили, що нестабільні гідротермічні умови липня–серпня суттєво посилюють водний стрес і зумовлюють міжрічну варіабельність реакції генотипів різних груп стиглості [20, 29, 30]. Незважаючи на це, інтегровані регресійні моделі, які поєднували б фазові показники продуктивності з гідротермічними індексами (ГТК, GWET) та частотою теплових стресів (Tmax > 30 °C), у сучасній літературі практично відсутні.

Невирішені наукові завдання включають: визначення специфічних критичних фаз вегетації картоплі, у яких посуха спричиняє максимальну втрату врожайності; кількісну оцінку генотипових відмінностей у структурних і функціональних механізмах адаптації до водного дефіциту в різні періоди розвитку; розробку регресійних моделей для прогнозування врожайності на основі поєднання фазових показників продуктивності (швидкість накопичення на етапах T1–T2, T2–T3) та агрометеорологічних індикаторів для різних груп стійкості; оцінку екологічної пластичності генотипів не лише за кінцевою врожайністю, а також за динамікою її формування, що дозволяє адаптувати стратегії на різних етапах онтогенезу.

Отже, актуальність дослідження обумовлена недостатністю комплексної оцінки фазової чутливості формування врожайності генотипів культури до гідротермічних факторів, розробки кількох моделей прогнозування продуктивності та ідентифікації селекційних критеріїв адаптивності для умов зростання кліматичної мінливості в зоні Полісся України. Новизна роботи полягає в інтеграційному аналізі динаміки накопичення врожаю на ключових етапах вегетації (T1–T2, T2–T3) з оцінкою екологічної пластичності за β-коефіцієнтом Eberhart & Russell та побудовою множинної регресійної моделі на основі сучасних агрометеорологічних індексів (ГТК, GWET, частота теплових стресів).

Мета дослідження – встановити закономірності формування врожайності генотипів картоплі різних груп стиглості на основі аналізу темпів накопичення врожаю на ключових етапах вегетації за контрастних гідротермічних умов, оцінити їх екологічну пластичність і розробити регресійну модель для прогнозування продуктивності залежно від агрометеорологічних факторів у зоні Житомирського Полісся.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання: 1. Охарактеризувати гідротермічні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. за комплексом агрометеорологічних показників (ГТК, GWET, температурний режим, частота теплових стресів). 2. Визначити динаміку швидкості накопичення врожаю генотипів картоплі різних груп стиглості на етапах T1–T2 та T2–T3 за контрастних умов років і встановити критичні фази формування продуктивності. 3. Оцінити екологічну пластичність і тип реакції генотипів різних груп стиглості на зміну умов середовища за β-коефіцієнтом Eberhart & Russell. 4. Встановити кореляційні зв'язки між показниками продуктивності (темпи накопичення, кінцева врожайність) та агрометеорологічними факторами (ГТК, GWET, кількість днів із Tmax > 30 °C). 5. Розробити регресійну модель для прогнозування врожайності картоплі на основі швидкості накопичення врожаю та гідротермічних умов критичного періоду вегетації.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проведено в 2022–2025 рр. у польовій сівозміні лабораторії селекції і насінництва Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН (с. Федорівка, Житомирська обл.).

Досліди закладено за схемою рандомізованих блоків у триразовому повторенні. Площа облікової ділянки – 10,5 м^2 (2 рядки по 30 рослин; схема садіння 70 × 25 см). Агротехніка відповідала загальноприйнятій для умов Полісся України [31].

Предметом дослідження були 72 генотипи картоплі (24 ранньої, 24 середньоранньої та 24 середньостиглої груп стиглості), представлені сортами і перспективними гібридами селекції ПДВ та Інституту картоплярства НААН. Урожайність визначали на 65-ту (T1), 80-ту (T2) добу після садіння та за кінцевого збирання (115-та доба, T3) методом зважування бульб.

Ґрунти – дерново-підзолисті глинисто-піщані, з низьким умістом гумусу (0,77 %) і кислою реакцією (pH < 4,7), підвищеною водопроникністю та невисокою ємністю вбирання, що зумовлює високу залежність продуктивності від гідротермічних умов вегетаційного періоду.

Метеорологічні дані отримували з бази NASA POWER (реаналіз MERRA-2) з уточненням опадів за локальними спостереженнями [32]. В аналіз включено температуру повітря, суму опадів, гідротермічний коефіцієнт (ГТК), індекс вологості ґрунту (GWET), кількість днів із Tmax > 30 °C, Tmin та сумарну сонячну радіацію. ГТК розраховували за формулою Селянінова (Selyaninov, 1937). Індекс вологості ґрунту (GWET, Soil Wetness) отримували з реаналізу MERRA-2, що базується на Catchment Land Surface Model [33]. Сумарну сонячну радіацію оцінювали за градаціями енергозабезпеченості посівів [34].

Статистичний аналіз виконували в середовищі R (v. 4.3.2) з використанням пакетів *lme4*, *lmerTest* та *emmeans*. Для показників визначали M, SE, min–max та CV; нормальність і гомогенність дисперсій перевіряли тестами Шапіро–Вілка та Левена. Вплив факторів «група стиглості», «рік» і

«термін обліку» оцінювали за допомогою лінійної змішаної моделі (LMM), де генотип розглядали як випадковий ефект. Значущість ефектів визначали за апроксимацією Satterthwaite, порівняння середніх – за тестом Тьюкі ($P < 0,05$). Адаптивність і стабільність генотипів оцінювали за методом Eberhart & Russell (β_i, S^2d_i). Кореляційний аналіз проводили за коефіцієнтом Пірсона (r) із контролем мультиколінеарності ($|r| > 0,80$). Прогнозування врожайності здійснювали методом множинної лінійної регресії з відбором предикторів за AIC; адекватність моделі оцінювали за R^2, скоригованим R^2, F-критерієм і VIF.

Результати досліджень і обговорення. *Агрометеорологічна характеристика вегетаційних періодів.* Гідротермічні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. суттєво різнилися за температурним режимом, рівнем зволоження, тепловим навантаженням і радіаційним фоном, формуючи контрастні середовища для оцінки взаємодії «генотип × середовище» (табл. 1).

2022 рік – відносно збалансований. Вегетаційний період характеризувався помірним температурним режимом і рівномірним зволоженням: ГТК у травні–липні становив 0,75–1,20, сума опадів за травень–серпень – 222 мм (36–76 мм/міс.), GWET – 0,55–0,70. Кількість днів із Tmax >30 °C була помірною (0–18/міс.), нічні температури у липні–серпні (14,5–17,1 °C) не обмежували накопичення врожаю. Загалом умови були сприятливими для реалізації потенціалу продуктивності.

2023 рік – наростаючий гідротермічний стрес. У другій половині вегетації посилювався водний дефіцит: ГТК знизився з 0,52–0,83 у травні–червні до 0,48–0,32 у липні–серпні. Кількість опадів у липні (32,5 мм) та серпні (23,5 мм) була у 2–3 рази меншою, ніж у 2022 р., GWET у серпні – 0,29. Частота теплового стресу зросла (до 25 днів із Tmax >30 °C у серпні), нічна температура – до 18,4 °C. Поєднання дефіциту вологи та підвищеного теплового фону в період накопичення врожаю обмежувало збільшення врожаю та посилювало диференціацію генотипів.

Таблиця 1 – **Основні агрометеорологічні показники вегетаційного періоду картоплі** (травень–серпень, 2022–2025 рр.)

Рік	Місяць	T сер., °C	Σ опади (факт.), мм	ГТК	GWET	Σ T max>30 °C, днів	T min (ніч), °C	Радіація, MJ/м²/d
2022	Травень	14,3	36,0	0,75	0,57	0	7,8	20,8
	Червень	20,1	57,0	0,90	0,55	8	13,2	24,3
	Липень	21,2	76,0	1,20	0,7	7	14,5	22,2
	Серпень	23,3	53,0	0,76	0,57	18	17,1	20,8
2023	Травень	15,1	24,0	0,52	0,52	1	8,2	23,5
	Червень	20,5	51,5	0,83	0,48	6	12,8	23,7
	Липень	22,8	32,5	0,48	0,37	12	15,6	24,0
	Серпень	24,2	23,5	0,32	0,29	25	18,4	21,7
2024	Травень	16,9	3,0	0,05	0,30	2	9,4	23,8
	Червень	21,8	46,5	0,74	0,39	13	14,8	24,0
	Липень	25,7	12,0	0,16	0,16	28	20,1	26,7
	Серпень	24,6	31,0	0,43	0,25	21	19,5	21,8
2025	Травень	15,8	85,5	1,68	0,64	0	10,1	21,8
	Червень	22,0	36,3	0,55	0,64	13	15,2	24,8
	Липень	25,0	101,5	1,39	0,54	23	18,1	25,4
	Серпень	23,5	13,5	0,19	0,58	16	17,5	20,6

Примітка: Σ – місячна сума/кількість за відповідний показник; ГТК – гідротермічний коефіцієнт (розрахований за формулою Селянінова); GWET – відносний індекс вологості ґрунту (NASA POWER); Інтерпретація GWET: >0,60 – оптимальна; 0,40–0,60 – задовільна; 0,25–0,40 – недостатня; <0,25 – критична. Опади (факт.) за даними локальної метеостанції.

2024 рік – екстремальна посуха і теплове навантаження. Найбільш контрастний рік: уже в травні – гостра посуха (3 мм опадів; ГТК 0,05; GWET 0,30). Критичні умови сформувалися в липні: температура 25,7 °C (на 4,5 °C вище, ніж у 2022 р.), 12 мм опадів, ГТК 0,16, GWET 0,16, 28 днів із Tmax >30 °C, радіація 26,7 МДж/м^2/добу. Нічна температура 20,1 °C обмежувала відновлення фотосинтетичного апарату. У серпні, попри 31 мм опадів, зберігалися низький GWET (0,25) і висока частота теплових стресів (21 день >30 °C). Отже, протягом критичного періоду формування врожаю діяли поєднані водний і тепловий стреси максимальної інтенсивності.

2025 рік – контрастне, частково компенсоване середовище. У травні та липні спостерігалося надмірне зволоження (85,5 і 101,5 мм; ГТК 1,68 і 1,39), що забезпечило GWET 0,54–0,64 у період бульбоутворення. У серпні відбувся різкий перехід до посухи (13,5 мм; ГТК 0,19) за наявності 16 днів із Tmax >30 °C, однак GWET залишався 0,58 завдяки попередньому накопиченню вологи. Умови сприяли відносно стабільному формуванню врожаю з тенденцією до прискореного дозрівання.

Динаміка формування врожайності генотипів картоплі. Темпи накопичення врожаю та кінцева продуктивність генотипів істотно варіювали залежно від гідротермічних умов року та групи стиглості (табл. 2). Аналіз динаміки формування врожаю на етапах T1–T2 (65–80-та доба) і T2–T3 (80–115-та доба) виявив диференційовану реакцію генотипів на зміну умов зволоження та температурного режиму.

Рання фаза бульбоутворення (T1–T2). У 2022 та 2025 рр. темпи накопичення становили 0,40–0,51 т/га/добу, з вищими значеннями у середньоранніх генотипів (0,49–0,51) порівняно з ранніми та середньостиглими (0,40–0,46). Достовірних відмінностей між цими роками не встановлено (P > 0,05). У 2023 році темпи знизилися на 43–58 % порівняно з 2022 р. (P < 0,001), аналогічна тенденція спостерігалася у 2024 році. Водночас у 2024 р. показники T1–T2 перевищували рівень 2023 р., що пов'язано з кращим зволоженням у червні. Отже, на цьому етапі провідну роль відігравали погодні умови, тимчасом група стиглості модулювала інтенсивність раннього бульбоутворення.

Таблиця 2 – **Швидкість накопичення врожаю та продуктивність генотипів картоплі різних груп стиглості за контрастних умов років** (2022–2025 рр.)

Стиглість	Показники	2022	2023	2024	2025
Ранні	ΔY (T1–T2), т/га/добу	0,44±0,03	0,19±0,01	0,27±0,02	0,46±0,03
	ΔY (T2–T3), т/га/добу	0,22±0,02	0,03±0,01	0,11±0,01	0,23±0,01
	Урожайність (T3), т/га	23,6±1,23	8,8±0,47	18,8±1,18	23,2±0,90
	CV (T3), %	25	26	31	19
Середньоранні	ΔY (T1–T2), т/га/добу	0,51±0,02	0,25±0,01	0,29±0,02	0,49±0,04
	ΔY (T2–T3), т/га/добу	0,33±0,02	0,10±0,01	0,20±0,02	0,32±0,02
	Урожайність (T3), т/га	25,5±0,98	10,9±0,62	18,4±0,98	26,2±1,06
	CV (T3), %	19	28	26	20
Середньостиглі	ΔY (T1–T2), т/га/добу	0,40±0,03	0,17±0,01	0,31±0,03	0,50±0,03
	ΔY (T2→T3), т/га/добу	0,39±0,03	0,12±0,02	0,21±0,02	0,40±0,02
	Урожайність (T3), т/га	25,0±1,50	9,4±0,75	18,6±0,98	28,2±0,96
	CV (T3), %	25	39	26	14

Примітка: T1 – перше підкопування на 65-ту добу від садіння; T2 – друге підкопування на 80-ту добу від садіння; T3 – кінцеве збирання на 115-ту добу від садіння; ΔY (T1–T2) – швидкість накопичення врожаю в період від T1 до T2, розрахована як (Урожайність T2 – Урожайність T1) / 15 днів, т/га/добу; ΔY (T2–T3) – швидкість накопичення врожаю в період від T2 до T3, розрахована як (Урожайність T3 – Урожайність T2) / 35 днів, т/га/добу; Урожайність (T3) – кінцева врожайність бульб під час збирання, т/га; Показники ΔY та урожайності наведено у форматі M ± SE, де M – середнє арифметичне, SE – стандартна похибка середнього; CV – коефіцієнт варіації кінцевої урожайності в межах групи стиглості, %. Достовірність різниць між роками оцінювали за допомогою лінійної змішаної моделі з апостеріорними порівняннями за методом Тьюкі; P-значення наведено в тексті. $HIP_{0.05}$ не застосовували через нерівність дисперсій між роками та наявність повторних вимірювань.

Пізня фаза накопичення маси бульб (Т2–Т3). На етапі Т2–Т3 міжрічні відмінності були найбільш вираженими. У 2022 та 2025 рр. середньостиглі генотипи мали найвищі темпи (0,39–0,40 т/га/добу), що перевищувало показники ранніх (0,22–0,23) і середньоранніх (0,32–0,33) форм (P < 0,01). У 2023 р. швидкість зменшилася на 69–86 % порівняно з 2022 роком (P < 0,001), з максимальним зниженням у ранніх генотипів. У 2024 р. темпи були в 2,0–2,4 рази нижчими за рівень 2022 р., але перевищували показники 2023 р. (P ≤ 0,002). Часткове покращення зволоження в серпні 2024 р. сприяло частковій компенсації ростових процесів у генотипів із довшою вегетацією, однак дефіцит вологи в липні обмежив їх продуктивність. Отримані результати підтверджують визначальну роль умов липня–серпня у формуванні продуктивності на завершальному етапі вегетації.

Кінцева врожайність та варіабельність. У 2022 та 2025 рр. урожайність становила 23–28 т/га з перевагою середньостиглих генотипів (P < 0,01 у 2025 р.). У 2023 р. продуктивність знизилася у 2,5–2,7 рази (P < 0,001), що відповідало уповільненню темпів Т2–Т3. У 2024 р. відбулося часткове відновлення, однак урожайність залишалася на 20–28 % нижчою за рівень 2022 року (P < 0,001); міжгрупові відмінності були недостовірними (P > 0,05). Коефіцієнт варіації зростав у посушливі роки з 17–25 до 26–39 %, із максимальними значеннями у середньостиглих генотипів, тимчасом ранні форми характеризувалися нижчою варіабельністю (26–31 %).

Отже, критичним періодом формування врожайності є фаза Т2–Т3, де зниження темпів у посушливі роки (69–86 %) перевищувало показники етапу Т1–Т2 (43–58 %). Середньостиглі генотипи забезпечували вищу продуктивність у сприятливі роки, але характеризувалися більшою варіабельністю за стресових умов, тимчасом ранні – нижчим потенціалом, проте більш стабільною реакцією; середньоранні займали проміжне положення.

Пластичність генотипів картоплі у відповідь на контрастні гідротермічні умови. Пластичність генотипів оцінювали за β-коефіцієнтом Eberhart & Russell (1966), який характеризує чутливість врожайності до змін умов року. Аналіз динаміки β засвідчив послідовне зростання екологічної реактивності генотипів упродовж вегетації. На етапі Т1 усі групи стиглості характеризувалися значеннями β < 1, що свідчить про стабільний тип реакції та відносну незалежність формування раннього врожаю від міжрічної мінливості умов (табл. 3). Це узгоджується із властивостями внутрішніх резервів материнської бульби на початкових етапах росту. На етапі Т2 спостерігалося зростання пластичності, найбільш виражене у середньостиглих генотипів, що відображає посилення впливу погодних факторів на процеси бульбоутворення та накопичення сухої речовини; частина генотипів переходила до середньопластичного типу реакції. На момент збирання (Т3) ранні та середньоранні генотипи зберігали значення β ≤ 1 (стабільний або наближений до середньопластичного тип), тимчасом середньостиглі характеризувалися β > 1, що відповідає інтенсивному типу реакції: підвищення продуктивності у сприятливі роки за більшої чутливості до стресу.

Отже, ранні та середньоранні генотипи характеризувалися стабільним типом адаптації, тимчасом середньостиглі на завершальному етапі формування врожаю переходять до інтенсивного типу реакції.

Таблиця 3 – **β-коефіцієнти пластичності генотипів картоплі у різних групах стиглості та фазах вегетації** (2022–2025 рр.)

Стиглість	Облік	Середня урожайність, т/га	β	Тип реакції
Ранні	Т1	8,3	0,59	Стабільний
	Т2	13,3	0,78	Стабільний
	Т3	18,6	0,81	Стабільний
Середньоранні	Т1	6,2	0,46	Стабільний
	Т2	11,9	0,75	Стабільний
	Т3	20,2	0,91	Середньопластичний
Середньостиглі	Т1	5,2	0,44	Стабільний
	Т2	10,4	0,91	Середньопластичний
	Т3	28,0	1,04	Інтенсивний

Примітка: Тип реакції визначено відповідно до шкали: β < 1 – стабільний; β ≈ 1 – середньопластичний; β > 1 – інтенсивний.

Кореляційно-регресійний аналіз зв'язку продуктивності з агрометеорологічними показниками. Оцінка β-коефіцієнтів засвідчила зростання екологічної реактивності генотипів упродовж вегетації, що обумовило необхідність кількісної оцінки зв'язків між продуктивністю та гідротермічними умовами.

Кореляційний аналіз виконано за Пірсоном із двостороннім критерієм значущості (n = 12; 2022–2025 рр.). Відсутність протилежних реакцій між групами стиглості дозволила використовувати об'єднану вибірку. Агрометеорологічні показники агреговано відповідно до фенологічних фаз: для ΔY (T1–T2) – червень–липень, для ΔY (T2–T3) та Y(T3) – липень–серпень.

Кореляційний аналіз. Встановлено статистично значущі зв'язки між показниками продуктивності та параметрами водного і температурного режимів (табл. 4), причому їх сила зростала від ранніх до пізніх фаз вегетації. На етапі T1–T2 швидкість накопичення врожаю позитивно корелювала з показниками вологозабезпечення (ГТК, GWET) і негативно – з Tmax >30 °C та середньою температурою, що відображає чутливість раннього бульбоутворення до поєднаного впливу посухи й теплового стресу. У фазу T2–T3 сила зв'язків зростала, досягаючи максимуму для GWET і ΣTmax >30 °C, що відповідає періоду інтенсивного бульбонакопичення. Кінцева врожайність (T3) найтісніше пов'язана зі швидкістю накопичення на етапі T2–T3 (r = 0,973, P < 0,001). Серед агрометеорологічних факторів найвищі кореляції встановлено з GWET і ГТК, тимчасом кількість днів із Tmax >30° C має сильний негативний зв'язок із врожайністю.

Регресійний аналіз. З урахуванням мультиколінеарності між ГТК та GWET (r = 0,95) у модель включено три предиктори: ΔY(T2–T3), GWET і Tmax >30 °C. Модель побудовано методом найменших квадратів для прогнозування кінцевої врожайності:

$$Y = 6{,}12 + 45{,}8 \times \Delta Y(T2 - T3) + 18{,}3 \times GWET - 0{,}48 \times T\max > 30,$$

де всі коефіцієнти статистично значущі (P ≤ 0,023). Параметри моделі: R^2 = 0,972 (скоригований R^2 = 0,962); F(3,8) = 93,4; P < 0,0001; стандартна похибка – 1,2 т/га; VIF < 3,5. Модель пояснює 97,2 % варіації врожайності. Найбільший внесок забезпечує ΔY(T2–T3), що підтверджує визначальну роль пізньої фази бульбонакопичення. Збільшення GWET на 0,1 підвищує врожайність на 1,8 т/га, тимчасом кожен додатковий день із Tmax > 30 °C знижує її на 0,48 т/га.

Встановлено системний зв'язок між умовами липня–серпня та формуванням врожайності: ключовими лімітуючими чинниками є дефіцит ґрунтової вологи та тепловий стрес. Модель може бути використана для прогнозування врожайності в умовах кліматичної мінливості.

Таблиця 4 – **Коефіцієнти кореляції (r) між показниками продуктивності картоплі та агрометеорологічними факторами** (2022–2025 рр.)

Показник продуктивності	ΔY (T1–T2)	ΔY (T2–T3)	ГТК	GWET	ΣTmax> 30°C	Tсер., °C
ΔY (T1–T2), т/га/добу	1,000	0,812**	0,794**	0,823***	–0,712**	–0,598*
ΔY (T2–T3), т/га/добу	0,812**	1,000	0,921***	0,934***	–0,903***	–0,782**
Урожайність (T3), т/га	0,847***	0,973***	0,896***	0,912***	–0,879***	–0,761**

Примітка: r – коефіцієнт кореляції Пірсона; n = 12; df = 10; * P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001; ГТК – гідротермічний коефіцієнт за Селяніновим (середнє за червень–липень для ΔY (T1–T2) та за липень–серпень для ΔY (T2–T3) і Y(T3)); GWET – індекс вологості ґрунту (NASA POWER); Tmax > 30 – кількість днів із максимальною температурою повітря понад 30 °C за відповідний період; Tсер. – середня температура повітря за відповідний період, °C.

Висновки. 1. Гідротермічні умови вегетаційних періодів 2022–2025 рр. у зоні Житомирського Полісся характеризувалися різким контрастом за зволоженням (ГТК 0,05–1,68), вологістю ґрунту (GWET 0,16–0,70) та частотою теплових стресів (0–28 днів із Tmax > 30 °C), що забезпечило достатній екологічний градієнт для оцінки пластичності генотипів.

2. Критичним періодом формування врожайності є фаза інтенсивного накопичення бульб (Т2–Т3, 80–115-та доба), упродовж якої в посушливі роки темпи накопичення знижувалися на 69–86 % (P < 0,001), що перевищувало зменшення на етапі Т1–Т2 (43–58 %).

3. Середньостиглі генотипи реалізовували найвищий продуктивний потенціал у сприятливі роки (25,0–28,2 т/га), але характеризувалися максимальною варіабельністю за стресових умов (CV до 39 %), тоді як ранні форми мали нижчу врожайність (18,6–23,6 т/га) і стабільнішу реакцію (CV 19–31 %).

4. Аналіз екологічної пластичності за β-коефіцієнтом Eberhart & Russell засвідчив фазову диференціацію адаптивної реакції: ранні та середньоранні генотипи зберігали стабільний тип (β = 0,46–0,91), тимчасом середньостиглі на етапі Т3 переходили до інтенсивного типу (β = 1,04).

5. Кінцева врожайність тісно корелювала зі швидкістю накопичення врожаю в період Т2–Т3 (r = 0,973, P < 0,001), індексом вологості ґрунту GWET (r = 0,912, P < 0,001) та кількістю днів із Tmax > 30 °C (r = –0,879, P < 0,001), що підтверджує визначальну роль пізньої фази накопичення бульб.

6. Регресійна модель (R^2 = 0,972; P < 0,0001) адекватно описує вплив ключових гідротермічних чинників на формування врожайності та може бути використана для її прогнозування й оптимізації сортового складу в умовах кліматичної мінливості.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні часової бази моделі та її адаптації до кліматичних сценаріїв для уточнення зміщення критичних фаз бульбонакопичення і підвищення точності прогнозування врожайності. Практичне значення полягає у використанні показників фазової динаміки накопичення врожаю та β-коефіцієнта як критеріїв добору генотипів із оптимальним поєднанням продуктивності та стабільності за варіабельних умов зволоження і температурного режиму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Determinants of potato producer prices in the peasant-driven market: the Ukrainian case / I. Koblianska et al. Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal. 2022. Vol. 8. No 3. P. 26–41. DOI: 10.51599/are.2022.08.03.02

2. Артюх Т., Безсмертна О., Мельник Д. Проблеми та перспективи розвитку ринку картоплі в Україні з врахуванням зональної спеціалізації галузі. Економіка та суспільство. 2022. № 39. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-39-54

3. Salehi-Soghadi Z., Islam M.S., Manschadi A.M., Kaul H.-P. Transpiration Efficiency of Some Potato Genotypes under Drought. Agronomy. 2023. Vol. 13. Issue 4. Art. 996. DOI: 10.3390/agronomy13040996

4. Comprehensive Transcriptome and Proteome Analyses Reveal the Drought Responsive Gene Network in Potato Roots / T. Qin et al. Plants. 2024. Vol. 13. Issue 11. Art. 1530. DOI: 10.3390/plants13111530

5. Hanász A., Zsombik L., Magyar-Tábori K., Mendler-Drienyovszki N. Effect of Drought and Seed Tuber Size on Agronomical Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) under In Vivo Conditions. Agronomy. 2024. Vol. 14. No 6. Art. 1131. DOI: 10.3390/agronomy14061131

6. Influence of drought stress on morphological, physiological and biochemical attributes of plants: A review / W.A. Ansari et al. Biosci. Biotech. Res. Asia. 2019. Vol. 16. P. 697–709. DOI: 10.13005/bbra/2785

7. Ibrahim Ibrahim S., Naawe E.K., Çaliskan M.E. Effect of Drought Stress on Morphological and Yield Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding Lines. Potato Research. 2024. Vol. 67. P. 529–543. DOI: 10.1007/s11540-023-09655-3

8. Hoelle J., Khan A., Asch F. Drought affects the synchrony of aboveground and belowground phenology in tropical potato. Journal of Agronomy and Crop Science. 2023. Vol. 210. Art. e12675. DOI: 10.1111/jac.12675

9. Deficit Irrigation as an Effective Way to Increase Potato Water Use Efficiency in Northern China: A Meta-Analysis / Y. Niu et al. Agronomy. 2024. Vol. 14. No. 7. Art. 1533. DOI: 10.3390/agronomy14071533

10. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: Responses of photosynthesis and respiration to water stress / J. Flexas et al. PhysiologiaPlantarum. 2006. Vol. 127. P. 343–352. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2006.00621.x

11. Drought-stress-induced changes in starch yield and physiological traits in potato / K. Rudack et al. Journal of Agronomy and Crop Science. 2017. Vol. 203. P. 494–505. DOI: 10.1111/jac.12224

12. Jadoski S.O., Suchoronczek A., dos Santos J. Effect of water deficit on vegetative development, production and physiological disorders on 'Agata' potato tubers. Applied Research & Agrotechnology. 2017. Vol. 10. P. 97–107.

13. Nasir M. W., Toth Z. Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review. Agronomy. 2022. Vol. 12. No. 3. Art. 635. DOI: 10.3390/agronomy12030635

14. Ierna A., Mauromicale G. Ecophysiological and productive response of deficit-irrigated potatoes. Agronomy. 2023. Vol. 13. No. 2. Art. 591. DOI: 10.3390/agronomy13020591

15. Zerihun K., Firew M., Tesfaye A., Asrat A. Morpho-Physiological Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) for Post-Flowering Drought Resistance. Agricultural Science Digest. 2020. Vol. 40. No. 1. P. 19–26. DOI: 10.18805/ag.D-191

16. Potato Response to Drought Stress: Physiological and Growth Basis / T. Gervais et al. Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. Art. 698060. DOI: 10.3389/fpls.2021.698060

17. Drought tolerance assessment of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes at different growth stages, based on morphological and physiological traits / S.G. Mthembu et al. Agricultural Water

Management. 2022. Vol. 261. Art. 107361. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107361

18. Тимко Л.В., Фурдига М.М., Верменко Ю.Я. Адаптивна здатність різних сортів картоплі в умовах Правобережного Полісся України. Вивчення та охорона сортів рослин. 2018. Т. 14. № 2. С. 224–229. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774

19. Фурдига М.М. Адаптивна здатність та потенційні властивості сортів картоплі селекції Інституту картоплярства НААН. Аграрні інновації. 2022. № 12. С. 103–109. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.16

20. Писаренко Н.В., Сидорчук В.І., Захарчук Н.А., Гордієнко В.В. Скринінг перспективних гібридів картоплі за показниками посухостійкості. Вивчення та охорона сортів рослин. 2023. Т. 19. № 1. С. 35–43. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277769

21. Pysarenko N.V., Sydorchuk V.I., Zakharchuk N.A. Evaluation of potato varieties for drought tolerance, ecological plasticity, adaptability, and consumer qualities at early stages of cultivation. Vegetable and Melon Growing. 2024. No. 74. P. 19–32. DOI: 10.32717/0131-0062-2023-74-19-32

22. Chairi F., Lateur M., Muhovski Y. Genotypic variation in agronomic and physiological responses of potato cultivars to water stress under greenhouse conditions. Frontiers in Plant Science. 2025. Vol. 16. Art. 1692962. DOI: 10.3389/fpls.2025.1692962

23. Root system architecture for abiotic stress tolerance in potato: Lessons from plants / R. Zinta et al. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Art. 926214. DOI: 10.3389/fpls.2022.926214

24. Genotype × environment interactions for potato yield and quality traits: Identification of ideotypes adapted in different ecological regions of Northwest China / B. Zhou et al. BMC Plant Biology. 2025. Vol. 25. No 1. Art. 737. DOI: 10.1186/s12870-025-06741-1.

25. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 1966. Vol. 6. No 1. P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

26. Badr M.A., El-Tohamy W.A., Salman S.R., Gruda N. Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress. Agricultural Water Management. 2022. Vol. 271. Art. 107793. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107793

27. Tayyeh H.K., Mohammed R. Analysis of NASA POWER reanalysis products to predict temperature and precipitation in Euphrates River basin. Journal of Hydrology. 2023. Vol. 619. Art. 129327. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129327

28. Muyombo E.D., Brorsen W., Krueger E.S., Ochsner T.E. NASA's modeled soil moisture data as an index for forage crop insurance and disaster protection programs: The case of Oklahoma. Agricultural and Forest Meteorology. 2025. Vol. 373. Art. 110772. DOI: 10.1016/j.agrformet.2025.110772

29. Сонець Т.Д., Києнко З.Б., Фурдига М.М., Верменко Ю.Я. Адаптованість сортів картоплі до ґрунтово-кліматичних умов Полісся та Лісостепу України. Вивчення та охорона сортів рослин. 2019. Т. 15. № 1. С. 93–98. DOI: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162488

30. Adaptive variability of early potato in the Forest-Steppe of Ukraine / N. Yatsenko et al. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2024. Vol. 28. No 3. P. 67–77. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2024.67

31. Картоплярство: методика дослідної справи / за ред. А.А. Бондарчука, В.А. Колтунова. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 652 с. URL: https://www.ikar.org.ua/_files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b090c3254bffeada.pdf

32. Sparks A. Nasapower: A NASA POWER Global Meteorology, Surface Solar Energy and Climatology Data Client for R. Journal of Open Source Software. 2018. Vol. 3. No. 30. Art. 1035. DOI: 10.21105/joss.01035

33. Assessment of the MERRA-2 land surface hydrology estimates / R.H. Reichle et al. Journal of Climate. 2017. Vol. 30. No 8. P. 2937–2960. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0720.1

34. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998. 300 p.

REFERENCES

1. Koblianska, I., Seheda, S., Khaietska, O., Kalachevska, L., Klochko, T. (2022). Determinants of potato producer prices in the peasant-driven market: the Ukrainian case. Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal. Vol. 8(3), pp. 26–41. DOI: 10.51599/are.2022.08.03.02

2. Artiukh, T., Bezsmertna, O., Melnyk, D. (2022). Problemy ta perspektyvy rozvytku rynku kartopli v Ukraini z vrakhuvanням zonalnoi spetsializatsii haluzi [Problems and prospects of potato market development in Ukraine taking into account zonal specialization of the industry]. Ekonomika ta suspilstvo [Economy and Society]. no. 39. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-39-54

3. Salehi-Soghadi, Z., Islam, M.S., Manschadi, A.M., Kaul, H.-P. (2023). Transpiration Efficiency of Some Potato Genotypes under Drought. Agronomy. Vol. 13(4), Art. 996. DOI: 10.3390/agronomy13040996

4. Qin, T., Wang, Y., Pu, Z., Shi, N., Dormatey, R., Wang, H., Sun, C. (2024). Comprehensive Transcriptome and Proteome Analyses Reveal the Drought Responsive Gene Network in Potato Roots. Plants. Vol. 13(11), Art. 1530. DOI: 10.3390/plants13111530

5. Hanász, A., Zsombik, L., Magyar-Tábori, K., Mendler-Drienyovszki, N. (2024). Effect of Drought and Seed Tuber Size on Agronomical Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) under In Vivo Conditions. Agronomy. Vol. 14(6), Art. 1131. DOI: 10.3390/agronomy14061131

6. Ansari, W.A., Atri, N., Pandey, M., Singh, A.K., Singh, B., Pandey, S. (2019). Influence of drought stress on morphological, physiological and biochemical attributes of plants: A review. Biosciences, Biotechnology Research Asia. Vol. 16, pp. 697–709. DOI: 10.13005/bbra/2785

7. Ibrahim Ibrahim, S., Naawe, E.K., Çaliskan, M.E. (2024). Effect of Drought Stress on Morphological and Yield Characteristics of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding Lines. Potato Research. Vol. 67, pp. 529–543. DOI: 10.1007/s11540-023-09655-3

8. Hoelle, J., Khan, A., Asch, F. (2023). Drought affects the synchrony of aboveground and belowground phenology in tropical potato. Journal of Agronomy and Crop Science. Vol. 210, Art. e12675. DOI: 10.1111/jac.12675

9. Niu, Y., Zhang, K., Khan, K.S., Fudjoe, S.K., Li, L., Wang, L., Luo, Z. (2024). Deficit Irrigation as an Effective Way to Increase Potato Water Use Efficiency in Northern China: A Meta-Analysis. Agronomy. Vol. 14(7), Art. 1533. DOI: 10.3390/agronomy14071533

10. Flexas, J., Bota, J., Galmés, J., Medrano, H., Ribas-Carbó, M. (2006). Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: Responses of photosynthesis and respiration to water stress. PhysiologiaPlantarum. Vol. 127, pp. 343–352. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2006.00621.x

11. Rudack, K., Seddig, S., Sprenger, H., Köhl, K., Uptmoor, R., Ordon, F. (2017). Drought-stress-induced changes in starch yield and physiological traits in potato. Journal of Agronomy and Crop Science. Vol. 203, pp. 494–505. DOI: 10.1111/jac.12224

12. Jadoski, S.O., Suchoronczek, A., dos Santos, J. (2017). Effect of water deficit on vegetative development, production and physiological disorders on 'Agata' potato tubers. Applied Research &Agrotechnology. Vol. 10, pp. 97–107.

13. Nasir, M.W., Toth, Z. (2022). Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review. Agronomy. Vol. 12(3), Art. 635. DOI: 10.3390/agronomy12030635

14. Ierna, A., Mauromicale, G. (2023). Ecophysiological and productive response of deficit-irrigated potatoes. Agronomy. Vol. 13(2), Art. 591. DOI: 10.3390/agronomy13020591

15. Zerihun, K., Firew, M., Tesfaye, A., Asrat, A. (2020). Morpho-Physiological Traits of Potato (*Solanum tuberosum* L.) for Post-Flowering Drought Resistance. Agricultural Science Digest. Vol. 40(1), pp. 19–26. DOI: 10.18805/ag.D-191

16. Gervais, T., Creelman, A., Li, X.-Q., Bizimungu, B., De Koeyer, D., Dahal, K. (2021). Potato Response to Drought Stress: Physiological and Growth Basis. Frontiers in Plant Science. Vol. 12, Art. 698060. DOI: 10.3389/fpls.2021.698060

17. Mthembu, S.G., Magwaza, L.S., Mashilo, J., Mditshwa, A., Odindo, A. (2022). Drought tolerance assessment of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes at different growth stages, based on morphological and physiological traits. Agricultural Water Management. Vol. 261, Art. 107361. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107361

18. Tymko, L.V., Furdyha, M.M., Vermenko, Yu.Ya. (2018). Adaptyvna zdatnist riznykh sortiv kartopli v umovakh Pravoberezhnoho Polissia Ukrainy [Adaptive ability of different potato varieties under the conditions of Right-Bank Polissia of Ukraine]. Vyvchennia ta okhorona sortiv roslyn [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 14(2), pp. 224–229. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774

19. Furdyha, M.M. (2022). Adaptyvna zdatnist ta potentsiini vlastyvosti sortiv kartopli selektsii Instytutu kartopliarstva NAAN [Adaptive ability and potential properties of potato varieties bred by the Institute of Potato Research of NAAS]. Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]. no. 12, pp. 103–109. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.16

20. Pysarenko, N.V., Sydorchuk, V.I., Zakharchuk, N.A., Hordiienko, V.V. (2023). Skryninh perspektyvnykh hibrydiv kartopli za pokaznykamy posukhoostiikosti [Screening of promising potato hybrids for drought tolerance indicators]. Vyvchennia ta okhoronasortivroslyn [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 19(1), pp. 35–43. DOI: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277769

21. Pysarenko, N.V., Sydorchuk, V.I., Zakharchuk, N.A. (2024). Evaluation of potato varieties for drought tolerance, ecological plasticity, adaptability, and consumer qualities at early stages of cultivation. Vegetable and Melon Growing. no. 74, pp. 19–32. DOI: 10.32717/0131-0062-2023-74-19-32

22. Chairi, F., Lateur, M., Muhovski, Y. (2025). Genotypic variation in agronomic and physiological responses of potato cultivars to water stress under greenhouse conditions. Frontiers in Plant Science. Vol. 16, Art. 1692962. DOI: 10.3389/fpls.2025.1692962

23. Zinta, R., Tiwari, J.K., Buckseth, T., Thakur, K., Goutam, U., Kumar, D., Challam, C., Bhatia, N., Poonia, A.K., Naik, S., Singh, R.K., Thakur, A.K., Dalamu, D., Luthra, S.K., Kumar, V., Kumar, M. (2022). Root system architecture for abiotic stress tolerance in potato: Lessons from plants. Frontiers in Plant Science. Vol. 13, Art. 926214. DOI: 10.3389/fpls.2022.926214

24. Zhou, B., Yuan, J., Liang, L., Zhang, F., Wang, Y. (2025). Genotype × environment interactions for potato yield and quality traits: Identification of ideotypes adapted in different ecological regions of Northwest China. BMC Plant Biology. Vol. 25(1), Art. 737. DOI: 10.1186/s12870-025-06741-1

25. Eberhart, S.A., Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. Vol. 6(1), pp. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

26. Badr, M.A., El-Tohamy, W.A., Salman, S.R., Gruda, N. (2022). Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress. Agricultural Water Management. Vol. 271, Art. 107793. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107793

27. Tayyeh, H.K., Mohammed, R. (2023). Analysis of NASA POWER reanalysis products to predict temperature and precipitation in Euphrates River basin. Journal of Hydrology. Vol. 619, Art. 129327. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129327

28. Muyombo, E.D., Brorsen, W., Krueger, E.S., Ochsner, T.E. (2025). NASA's modeled soil moisture data as an index for forage crop insurance and disaster protection programs: The case of Oklahoma. Agricultural and Forest Meteorology. Vol. 373, Art. 110772. DOI: 10.1016/j.agrformet.2025.110772

29. Sonets, T.D., Kyienko, Z.B., Furdyha, M.M., Vermenko, Yu.Ya. (2019). Adaptovanist sortiv kartopli do gruntovoklimatchnykh umov Polissia ta Lisostepu Ukrainy [Adaptability of potato varieties to soil-climatic conditions of the Polissia and Forest-Steppe zone of Ukraine]. Vyvchennia ta okhoronasortivroslyn [Plant Varieties Studying and Protection]. Vol. 15(1), pp. 93–98. DOI: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162488

30. Yatsenko, N., Ulianych, O., Yatsenko, V., Feshchenko, V., Chubko, O. (2024). Adaptive variability of early potato in the Forest-Steppe of Ukraine. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. Vol. 28(3), pp. 67–77. DOI: 10.56407/bs.agrarian/3.2024.67

31. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A. (2019). Kartopliarstvo: metodyka doslidnoi spravy [Potato Growing: Research Methodology]. Vinnytsia, LLC «TVORY», 652 p. Available at: https://www.ikar.org.ua/_files/ugd/69bb4c_77462c9ea8804515b-090c3254bffeada.pdf

32. Sparks, A. (2018). Nasapower: A NASA POWER Global Meteorology, Surface Solar Energy and Climatology Data Client for R. Journal of Open Source Software. Vol. 3(30), Art. 1035. DOI: 10.21105/joss.01035

33. Reichle, R.H., Draper, C.S., Liu, Q., Girotto, M., Mahanama, S.P.P., Koster, R.D., De Lannoy, G.J.M. (2017). Assessment of the MERRA-2 land surface hydrology estimates. Journal of Climate. Vol. 30(8), pp. 2937–2960. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0720.1

34. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, FAO, 300 p.

The environmental sensitivity of potato yield formation in different maturity groups under contrasting hydrothermal conditions

Pysarenko N., Zakharchuk N., Oliinyk T.

The study investigated the peculiarities of yield formation in 72 potato genotypes belonging to different maturity groups under contrasting hydrothermal conditions during 2022–2025 in Zhytomyr Polissia region. Yield assessments were conducted on the 65th (T1) and 80th (T2) days after planting and at final harvest (T3).

Significant interannual variability in yield accumulation rates was observed. In favorable years (2022 and 2025), the rate of yield formation during the T1-T2 period reached 0.40–0.51 t/ha/day, whereas in 2023 it decreased by 43–58 % ($P < 0.001$). The most critical phase was T2-T3 (days 80–115), when in the drought year of 2023 yield accumulation rates declined by 69–86 % compared with 2022 ($P < 0.001$).

Final yield in favorable years reached 23-28 t/ha, whereas in 2023 it decreased by 2.5–2.7 times ($P < 0.001$). In 2024, under extreme drought conditions, yield remained 20–28 % lower than in 2022 ($P < 0.001$), and differences between maturity groups were not significant ($P > 0.05$). The coefficient of variation increased to 39 % under stress conditions.

Mid-maturing genotypes realized the highest yield potential in favorable years (up to 28.2 t/ha in 2025, $P < 0.01$) but showed greater variability under drought conditions. Early-maturing genotypes had lower maximum productivity but demonstrated relatively more stable responses.

Plasticity analysis according to the Eberhart and Russell method revealed changes in β-coefficients during the growing season. At stage T1, all groups exhibited a stable response type ($\beta < 1$). By final harvest, mid-maturing genotypes shifted to an intensive response type ($\beta = 1.04$), whereas early ($\beta = 0.81$) and medium-early ($\beta = 0.91$) genotypes retained a stable or moderately plastic adaptation type.

Strong correlations were found between productivity and hydrothermal indicators. Final yield showed the strongest association with yield accumulation rate during the T2-T3 period ($r = 0.973$; $P < 0.001$), soil moisture index GWET ($r = 0.912$; $P < 0.001$), and the number of days with Tmax > 30 °C ($r = -0.879$; $P < 0.001$).

The regression model ($R^2 = 0.972$; $P < 0.0001$) showed that each 0.1 increase in GWET raises yield by 1.8 t/ha, while each additional day with high temperature decreases it by 0.48 t/ha.

It was demonstrated that the decisive period of yield formation is the T2-T3 phase, while the key limiting factors are soil moisture deficit and the number of days with Tmax > 30 °C during July–August. The obtained results may be used for predicting the productivity of potato genotypes under conditions of interannual climatic variability.

Key words: potato, breeding material, ecological plasticity, yield dynamics, hydrothermal stress, moisture deficit, Tmax > 30 °C, GWET, β-coefficient, predictive modeling, adaptability, Zhytomyr Polissia.

Copyright: Писаренко Н.В., Захарчук Н.А., Олійник 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:
Писаренко Н.В. https://orcid.org/0000-0001-6299-2170
Захарчук Н.А. https://orcid.org/0000-0002-8194-2491
Олійник Т.М. https://orcid.org/0000-0002-7235-9413

АГРОНОМІЯ

УДК: 633.63: 631. 531.12

Вплив посходових гербіцидів на плоїдність маточників та якість пилку за обробки ними посівів маточних буряків цукрових

Поліщук В.В., Селецький В.П.

Уманський національний університет

E-mail: valentyn7613@gmail.com

Поліщук В.В., Селецький В.П. Вплив посходових гербіцидів на плоїдність маточників та якість пилку за обробки ними посівів маточних буряків цукрових. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 130–136.

Polishchuk V., Seletskyi V. The effect of post-emergence herbicides on the fertility of mother plants and pollen quality in sugar beet seed production. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 130–136.

Рукопис отримано: 11.02.2026 р.
Прийнято: 26.02.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-130-136

ISSN 2310-9270

Вирощування насіння буряків цукрових неможливе без застосування гербіцидів. Для контролювання чисельності бур'янів у посівах фабричних буряків, рекомендовано ряд гербіцидів, але більшість з них не досліджено на маточних буряках та насінниках. З літературних джерел відомо, що вплив гербіцидів на культурні рослини досить різнобічний. Тому, метою дослідження було вивчення впливу посходових гербіцидів Бетанал Макс ПРО та Голтікс Голд на плоїдність маточних буряків цукрових та якість пилкових зерен. Встановлено значні зміни, які відбулися у клітинному апараті рослин буряків цукрових і, особливо, за використання гербіцидів Бетанал Макс ПРО та Голтікс Голд у максимальних дозах та за сумісного їх внесення. За обприскування маточників максимальними рекомендованими дозами гербіцидів, кількість диплоїдів зменшилася на 19,6–23,8 %, водночас як кількість міксоплоїдів збільшилася у 2,3–3 рази, порівняно з контролем. Найменших змін хромосомний апарат зазнав за обробки маточників гербіцидом Бетанал Макс ПРО у нормі 1 л/га. Кількість диплоїдів та міксоплоїдів була на рівні контрольного варіанту та становила 87,5 і 12,5 %. Аналогічні результати отримано за використання гербіциду Голтікс Голд у максимально рекомендованій нормі (1,5 л/га). За використання посходових гербіцидів на маточних буряках цукрових виявлено значні порушення у якості пилкових зерен тетраплоїдного багатонасінного запилювача гібрида Константа, особливо за застосування збільшених норм гербіцидів. Спостерігалося збільшення кількості деформованих пилкових зерен за внесення повних норм гербіцидів. За внесення Бетанал Макс ПРО у максимальній нормі кількість деформованих пилкових зерен збільшувалася у 6,6 разів, а нежиттєздатних у 3,5 разів, порівняно з контролем. Використання Голтікс Голд для контролювання злакових бур'янів також призводило до порушень генеративного розвитку, але вони були значно меншими, ніж за гербіциду Бетанал Макс ПРО у максимальній нормі.

Ключові слова: маточні коренеплоди, насінники, хромосомний апарат, життєздатність пилку, розмір пилку, диплоїди, тетраплоїди.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Технологія вирощування насіння, з метою контролювання чисельності бур'янів, передбачає широке використання рекомендованих гербіцидів для фабричних буряків цукрових, а для контролювання шкідливих організмів – інсектецидів і фунгіцидів та добрив у насінницьких посівах, що сприяє підвищенню їх врожайності і якості та зниженню затрат ручної праці [1–3]. Більшість з рекомендованих гербіцидів для фабричних буряків не було вивчено на насінниках, а за біологічними особливостями і технології вирощування культури першого та другого року життя відрізняються між собою. Вплив гербіцидів на культурні рослини досить різнобічний [4, 5]. Тому, дослідження впливу гербіцидів на рослини маточних буряків та насінники, зокрема, вивчення можливих порушень процесів метаболізму та їх інтенсивності є актуальним.

У літературних джерелах є згадки про морфогенетичні та фізіолого-біохімічні зміни у сільськогосподарських культур під дією гербіцидів [6]. Деякі гербіциди можуть зумовити хромосомні перебудови, слугуючи мутагенним фактором [7–9]. Процеси мейозу та гаметогенезу у буряків цукрових під дією гербіцидів перебігають з деякими порушеннями [10, 11], що може впливати на врожайність насіння і його якість [12].

Проведеними попередньо дослідженнями встановлено, що гербіциди здатні негативно впливати на репродуктивні органи рослин, формування чоловічого гаметофіту, ембріональний розвиток та якість насіння буряків цукрових [13–15]. Досліджено, що обприскування посівів окремими гербіцидами не впливало на ембріональний розвиток насіння. Зародок нормально розвивався як у триплоїдних, так і диплоїдних форм буряків цукрових, однак недостатня кількість пилку під час запилення часто призводить до загибелі зародкового мішка у перші дні після цвітіння, що може спостерігається за використання гербіцидів на насінниках буряків цукрових [16]. Дослідженнями Н.Г. Гізбулліна та А.В. Єщенка [17] встановлено, що одноразові норми внесення ґрунтового гербіциду Голтікса (70 % з.п.) під культивацію перед садінням коренеплодів та обприскування насінників посходовим гербіцидом Бетанал Прогрес АМ (18 % к.е.) у поєднанні з протизлаковим гербіцидом Тарга Супер (5 % к.е.) не спричиняло істотної негативної дії на ріст і розвиток насінників, формування чоловічого гаметофіту та ембріональний розвиток насіння. Спостерігається лише тенденція до зниження життєздатності пилку.

Мета дослідження. Вивчення впливу посходових гербіцидів Бетанал Макс ПРО та Голтікс Голд на плоїдність маточних буряків цукрових та якість пилкових зерен.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в Уманському національному університеті МОН України та на дослідній станції тютюнництва НААН упродовж 2023–2025 років. Схемою досліду передбачено обприскування посіву маточних буряків цукрових посходовими гербіцидами у рекомендованих та зменшених дозах у фазу двох–трьох пар справжніх листків: від дводольних бур'янів – Бетанал Макс ПРО з нормами витрати 1,0 та 1,5 л/га та від злакових – Голтікс Голд з нормами витрати 1,0 та 1,5 л/га, а також сумішшю цих гербіцидів у знижених нормах витрати – 1,0 л/га. У період обробки маточників дводольні бур'яни перебували у фазу сім'ядолей, а злакові – у фазу ниточки, шильця. У контролі маточники не обробляли гербіцидами. Вивчали також післядію вказаних гербіцидів на насінниках – на пилкозапилюючу здатність багатонасінного запилювача – якість пилкових зерен. Для цього висаджували коренеплоди у співвідношенні ЧС компонента до багатонасінного запилювача 2:1 (4 рядки ЧС компонента і 2 рядки багатонасінного запилювача). Життєздатність пилку визначали за методикою Г.М. Козубова [18], розміри пилкових зерен – за методикою Г.І. Ярмолюк та Е.І. Ширяєвої [19].

Погодні умови за роками досліджень були сприятливими для росту та розвитку маточних буряків цукрових і насінників, що забезпечило отримання високого врожаю і якості.

Результати дослідження та обговорення. На початкових етапах дослідження не було виявлено пригнічуючої дії гербіцидів на культурні рослини, проте, у процесі подальших цитологічних досліджень встановлено значні зміни, які відбулися у клітинному апараті рослин буряків цукрових і, особливо, за використання гербіцидів Бетанал Макс ПРО та Голтікс Голд у максимальних дозах та за сумісного їх внесення (табл. 1).

Зокрема, якщо у контрольному варіанті (без обробітку маточників гербіцидами) у диплоїдного ЧС компонента спостерігалися незначні зміни плоїдності (поряд з диплоїдними формами було 13,7 % міксоплоїдів, що зумовлено генетичним розщепленням), то за обприскування маточників максимальними рекомендованими дозами гербіцидів кількість диплоїдів зменшилася на 19,6–23,8 %,

водночас, як кількість міксоплоїдів збільшилася у 2,3–3 рази, порівняно з контролем. Найменших змін хромосомний апарат зазнав за обробки маточників гербіцидом Бетанал Макс ПРО у нормі 1 л/га. Кількість диплоїдів та міксоплоїдів була на рівні контрольного варіанту та становила 87,5 і 12,5 %, відповідно. Відхилення від контролю становить ±1,2 %.

Обробка гербіцидом Голтікс Голд, у мінімальній рекомендованій нормі (1,0 л/га), також не призвела до суттєвих змін у рослинах, кількість диплоїдів становила 85,8 %, відхилення від контролю - 0,5 %, проте кількість міксоплоїдів зменшилася до 7,1 %, водночас утворилося 7,1 % тетраплоїдів.

Вплив гербіциду Голтікс Голд на клітинний апарат рослини при застосуванні у максимально рекомендованій нормі (1,5 л/га) був аналогічним дії Бетанал Макс ПРО (1,5 л/га). Кількість диплоїдів становила 66,7 %, що на 4,2 % більше, ніж у варіанті, де використовували гербіцид бетанальної групи у максимально рекомендованій нормі, а кількість міксоплоїдів менша на 4,2 %. Найбільших змін зазнали клітини рослин буряків цукрових за сумісного використання гербіцидів Бетанал Макс ПРО та Голтікс Голд у мінімальних рекомендованих нормах. У рослинах поряд з диплоїдами, яких було лише 28,6 % або на 57,7 % менше ніж у контролі, спостерігалося утворення триплоїдних – 21,4 %, тетраплоїдних – 7,1 % та міксоплоїдних – 42,9 % форм.

Також значних змін від дії гербіцидів зазнали рослини тетраплоїдного багатонасінного запилювача буряків цукрових. Поряд з тетраплоїдними спостерігалося утворення міксоплоїдних, триплоїдних і навіть диплоїдних форм рослин.

Формування якісного насіння залежить від ряду факторів, зокрема, від якості пилкових зерен, що обумовлено сортовими особливостями та умовами вегетації. Від якості пилку залежить ефективність гібридизації, яка впливає на насіннєву продуктивності. Якість пилкових зерен обумовлена його життєздатністю та розмірами. Зі збільшенням кількості життєздатних пилкових зерен підвищується схожість насіння.

Проведеними раніше дослідженнями виявлено, що за внесення ґрунтових гербіцидів спостерігалося утворення монад, діад і тріад, іноді зустрічалися пентади. Усі ці порушення зумовлюють різний ступінь дегенерації пилку, зниження його життєздатності та формування неповноцінних чоловічих і жіночих гамет, що призводить до підвищення стерильності пилку і якості пилкоутворювальної здатності закріплювача стерильності [20].

За використання посходових гербіцидів на маточних буряках цукрових виявлено значні порушення якості пилкових зерен тетраплоїдного багатонасінного запилювача, особливо за застосування збільшених норм гербіцидів (табл. 2).

Таблиця 1 – **Вплив гербіцидів на плоїдність маточних коренеплодів компонентів гібрида Константа** (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Диплоїд, %	Триплоїд, %	Тетраплоїд, %	Міксоплоїд, %	Анеоплоїд, %
ЧС компонент					
Без гербіцидів, контроль	86,3	-	-	13,7	-
Бетанал Макс ПРО, 1 л/га	87,5	-	-	12,5	-
Бетанал Макс ПРО, 1,5 л/га	62,5	-	-	37,5	-
Голтікс Голд, 1,0 л/га	85,8	-	7,1	7,1	-
Голтікс Голд, 1,5 л/га	66,7	-	-	33,3	-
Бетанал Макс ПРО. 1 л/га + Голтікс Голд, 1,0 л/га	28,6	21,4	7,1	42,9	-
$НІР_{05}$	3,48	1,07	0,36	1,25	-
Багатонасінний запилювач					
Без гербіцидів, контроль	5,3	36,8	26,3	31,6	-
Бетанал Макс ПРО, 1 л/га	-	57,2	21,4	21,4	-
Бетанал Макс ПРО, 1,5 л/га	-	6,7	66,7	26,6	-
Голтікс Голд, 1,0 л/га	5,2	15,8	31,6	47,4	-
Голтікс Голд, 1,5 л/га	-	-	73,4	13,3	13,3
Бетанал Макс ПРО. 1 л/га + Голтікс Голд, 1,0 л/га	5,6	11,1	50,0	33,3	-
$НІР_{05}$	0,27	1,28	2,25	1,45	0,67

Таблиця 2 – **Вплив гербіцидів на якість пилкових зерен багатонасінного запилювача за обробки маточних буряків цукрових** (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Якість пилкових зерен		
	деформованих, %	нежиттєздатних, %	всього досліджено пилкових зерен, шт.
Без гербіцидів, контроль	1,2	0,2	3155
Бетанал Макс ПРО, 1 л/га	3,8	0,3	2957
Бетанал Макс ПРО, 1,5 л/га	7,9	0,7	3155
Голтікс Голд, 1,0 л/га	3,5	0,6	3235
Голтікс Голд, 1,5 л/га	3,1	0,7	3199
Бетанал Макс ПРО, 1 л/га + Голтікс Голд, 1,0 л/га	2,9	0,6	3258
$НІР_{05}$	0,19	0,03	158,00

Спостерігалося збільшення кількості деформованих пилкових зерен, особливо за внесення повних норм гербіцидів. За внесеня Бетанал Макс ПРО у максимальній нормі кількість деформованих пилкових зерен збільшувалася у 6,6 разів, а нежиттєздатних у 3,5 разів, порівняно з контролем. За зменшеної норми гербіциду кількість деформованих пилкових зерен зменшилася у 2,1 рази, порівняно з максимальною нормою. Використання Голтікс Голд для контролювання злакових бур'янів також призводило до порушень генеративного розвитку, але вони були значно меншими, ніж за гербіциду Бетанал Макс ПРО у максимальній нормі.

Доцільно зазначити, що достовірної різниці з кількості деформованих і нежиттєздатних пилкових зерен за обробки маточних буряків цукрових гербіцидом Голтікс Голд як за максимальної, так і зменшеної норми не виявлено. Використання посходового гербіциду Бетанал Макс ПРО, навіть за зменшеної норми, призводить до збільшення кількості деформованих пилкових зерен, порівняно з контролем і використанням гербіциду Голтікс Голд. Тобто, застосування на маточних буряках посходових гербіцидів Бетанал Макс ПРО та Голтікс Голд у повних і половинних нормах призводило до збільшення деформованих і нежиттєздатних пилкових зерен.

Застосування гербіцидів на маточних буряках цукрових призводило до значних порушень і у розмірах пилкових зерен. В усіх варіантах спостерігалися значні зміни розмірів пилку. Кількість суперкарликових пилкових зерен – 5,8 мкм збільшувалася у 2,2–3,9 разів, порівняно з контролем, а малих – 14,5–17,4 мкм у 1,3–3,4 рази. Найбільше таких пилкових зерен формувалося за використання посходового гербіциду Бетанал Макс ПРО у нормі 1,5 л/га. Зниження норми витрати препарату до 1,0 л/га сприяло зменшенню супер карликових пилкових зерен у 1,5, малих – у 2,2 рази (табл. 3).

За обробки маточників гербіцидом Бетанал Макс ПРО кількість пилку середніх розмірів (20,3–22,2 мкм) зменшилася у 2,3 рази, порівняно з контролем. За обробки маточників гербіцидом Центуріон як у повній, так і половинній нормах кількість пилку середнього розміру зменшилася у 3,0–3,2 рази, порівняно з контролем.

Таблиця 3 – **Вплив гербіцидів на розмір пилкових зерен багатонасінного запилювача за обробки маточних буряків цукрових** (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Кількість пилкових зерен за розміром, %				
	супер-карлики	карлики	малі	середні	великі
Без гербіцидів, контроль	1,3	0,5	15,4	74,9	7,9
Бетанал Макс ПРО, 1 л/га	3,5	12,8	44,7	39,0	0
Бетанал Макс ПРО, 1,5 л/га	5,1	40,9	20,4	33,3	0,3
Голтікс Голд, 1,0 л/га	4,7	26,9	40,6	25,1	0
Голтікс Голд, 1,5 л/га	2,8	21,2	52,8	23,2	0
Бетанал Макс ПРО, 1 л/га + Голтікс Голд, 1,0 л/га	3,3	20,8	39,9	36,0	0
$НІР_{05}$	0,17	1,03	1,78	1,93	0,08

Застосування суміші гербіцидів також призводило до зниження якості пилку. Великих пилкових зерен (26,1–32,0 мкм) за використання гербіцидів на маточниках майже не спостерігали і лише у контролі їх було 7,9 %. Зміни, які відбувалися у мікроспорогенезі за використання гербіцидів на маточниках буряків цукрових впливали і на продуктивність та якість насіння, особливо на його доброякісність.

Висновки. Встановлено значні зміни, які відбулися у клітинному апараті рослин буряків цукрових, особливо, за використання гербіцидів Бетанал Макс ПРО та Голтікс Голд у максимальних дозах та за сумісного їх внесення для контролювання чисельності бур'янів у посівах маточників. Кількість диплоїдів зменшилася на 19,6–23,8 %, водночас, як кількість міксоплоїдів збільшилася у 2,3–3 рази, порівняно з контролем. Застосування обох гербіцидів на маточних буряках цукрових призводило до значних порушень і у якості пилкових зерен – їх життєздатності та розмірах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Німенко С.С., Грабовський М.Б. Вплив елементів технології на формування площі листкової поверхні рослин сої за органічного вирощування. Таврійський науковий вісник. 2023. № 130. С. 155–163. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.23

2. Німенко С.С., Грабовський М.Б. Вплив заходів контролювання чисельності бур'янів на фітосанітарний стан посівів сої за органічного вирощування. Зрошуване землеробство. 2022. Вип. 78. С. 69–74. DOI: 10.32848/0135-2369.2022.78.11

3. Іващенко О. Потенціал екологічного способу контролювання бур'янів. Вісник аграрної науки. 2015. Вип. 93(11). С. 19–24.

4. Окрушко С.Є. Оцінка впливу гербіцидів та зеастимуліну на забур'яненість та урожайність кукурудзи. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 17. С. 95–105. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-2-9

5. Шкатула Ю.М., Паламарчук А.В. Вплив гербіцидів на забур'яненість та урожайність насіння гороху. Сільське господарство та лісівництво. 2015. № 2. С. 102–110.

6. Wuu K.D., Grant W.F. Morphological and somatic chromosomal aberrations induced by pesticides in barley (*Hordeum vulgare*). Canadian Journal of Genetics and Cytology. 1966. № 8(3). P. 481–501.

7. Kiermaer O. The physiologi and biochemistri of gerbizides. London and New York, 1964. P. 207–233.

8. Лісовська Т.П. Фітотоксична і мутагенна дія фунгіциду Ридоміл-Голд на цибулю allium cepa. Екологічні нотатки. 2015. Вип. 2. С. 119–127.

9. Saxena S. Chromosomal aberrations in plant bioassays: a review. Plant Archives, 2022. № 22(2). P. 327. DOI: 10.51470/PLANTARCHIVES.2022.v22.no2.056

10. Malhorta S. S., Hanson S. B. Plant physiol. 1992. No 41. 6 p.

11. Чередничок О.І. Покращання біологічної якості насіння цукрових буряків в селекційному процесі на основі доборів за цитологічними та цитоембріологічними тестами. Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН. 2003. № 5. С. 32–38.

12. Dale T.M., Renner K.A., Kravchenko A.N. Effect of herbicides on weed control and sugarbeet (Beta vulgaris) yield and quality. Weed technology. 2006. No 20 (1). P. 150–156.

13. Єщенко О.В. Реакція насінників біологічних форм цукрових буряків на гербіциди: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.05. Київ, 2001. 21 с.

14. Єщенко О.В. Реакція насінників цукрових буряків на гербіциди. Вісник аграрної науки. 2001. № 7. С. 75–76.

15. Степовий М.О., Доронін В.А. Якість пилку цукрових буряків за обробки маточників післясходовими гербіцидами. Збірник наукових праць ІБКіЦБ. 2013. Вип. 17. С. 300–302.

16. Вплив гербіцидів на макроспорогенез і гаметогенез у цукрових буряків / Е.І. Ширяєва та ін. Цитологія і генетика. 1975. Т. 9. № 3. С. 245–250.

17. Гізбуллін Н.Г., Єщенко А.В. Продуктивность насінників при застосуванні гербіцидів. Цукрові буряки. № 6. 2001. С. 21–22.

18. Козубов Г.М. Про прискорений і надійний метод визначення життєздатності пилку. Ботанічний журнал. 1965. Т. 50. № 6. С. 241–252.

19. Ярмолюк Г.І., Ширяєва Е.І. Цитологічні та цитоембріологічні дослідження в селекції цукрових буряків: методичні рекомендації. Київ: Наукова думка, 1982. 56 с.

20. Доронін В.А., Ковальчук А.О. Вплив гербіцидів на процеси клітинного поділу і якість насіння цукрових буряків. Вісник аграрної науки. 2011. № 9. С. 19–21.

REFERENCES

1. Nimenko, S.S., Hrabovskyi, M.B. (2023). Vplyv elementiv tekhnolohii na formuvannia ploshchi lystkovoi poverkhni roslyn soi za orhanichnoho vyroshchuvannia [Influence of technological elements on the formation of leaf surface area in organically grown soybeans]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Tavriya Scientific Bulletin]. no. 130, pp. 155–163. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.130.23

2. Nimenko, S.S., Hrabovskyi, M.B. (2022). Vplyv zakhodiv kontroliuvannia chyselnosti burianiv na fitosanitarnyi stan posiviv soi za orhanichnoho vyroshchuvannia [The impact of weed control measures on the phytosanitary condition of soybean crops in organic farming]. Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated agriculture]. Vol. 78, pp. 69–74. DOI: 10.32848/0135-2369.2022.78.11

3. Ivashchenko, O. (2015). Potentsial ekolohichnoho sposobu kontroliuvannia burianiv [The potential of ecological weed control methods]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science]. Vol. 93, no. 11, pp. 19–24.

4. Okrushko, S.Y. (2020). Otsinka vplyvu herbitsydiv ta zeastymulinu na zaburianenist ta urozhainist kukurudzy [Assessment of the impact of herbicides and zeastimulin on weed infestation and corn yield]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and Forestry]. no. 17, pp. 95–105. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-2-9

5. Shkatula, Y.M., Palamarchuk A.V. (2015). Vplyv herbitsydiv na zaburianenist ta urozhainist nasinnia horokhu [The effect of herbicides on weed infestation and pea seed yield]. Sil's'ke gospodarstvo ta lisivnyctvo [Agriculture and Forestry]. no. 2, pp. 102–110.

6. Wuu, K.D., Grant, W.F. (1966). Morphological and somatic chromosomal aberrations induced by pesticides in barley (*Hordeum vulgare*). Canadian Journal of Genetics and Cytology. Vol. 8, no. 3, pp. 481–501.

7. Kiermaer, O. (1964). The physiologi and biochemistri of gerbizides. London and New York. pp. 207–233.

8. Lisovska, T.P. (2015). Fitotoksychna i mutahenna diia funhitsydu Rydomil-Hold na tsybuliu allium cepa [Phytotoxic and mutagenic effects of Ridomil Gold fungicide on Allium cepa onions]. Ekologichni notatky [Ecological Notes]. Vol. 2, pp. 119–127.

9. Saxena, S. (2022). Chromosomal aberrations in plant bioassays: a review. Plant Archives. Vol. 22, no. 2, 327 p. DOI: 10.51470/PLANTARCHIVES.2022.v22.no2.056

10. Malhorta, S.S., Hanson, S.B. (1992). Plant physiol. no. 41, 6 p.

11. Cherednychok, O.I. (2003). Pokrashchannia biolohichnoi yakosti nasinnia tsukrovykh buriakiv v selektsiinomu protsesi na osnovi doboriv za tsytolohichnymy ta tsytoembriolohichnymy testamy [Improving the biological quality of sugar beet seeds in the breeding process based on selection using cytological and cytoembryological tests]. Zbirnyk naukovyh prac' Instytutu cukrovyh burjakiv UAAN [Collection of scientific works of the Institute of Sugar Beets of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences]. no. 5, pp. 32–38.

12. Dale, T.M., Renner, K.A., Kravchenko, A.N. (2006). Effect of herbicides on weed control and sugarbeet (Beta vulgaris) yield and quality. Weed technology. Vol. 20, no. 1, pp. 150–156.

13. Yeshchenko, O.V. (2001). Reaktsiia nasinnykiv biolohichnykh form tsukrovykh buriakiv na herbitsydy: avtoref. dys. kand. s.-h. nauk: 06.01.05 [Reaction of seeds of biological forms of sugar beets to herbicides: abstract of thesis for the degree of Candidate of Agricultural Sciences: 06.01.05]. Kyiv, 21 p.

14. Yeshchenko, O.V. (2001). Reaktsiia nasinnykiv tsukrovykh buriakiv na herbitsydy [Response of sugar beet seeds to herbicides]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 7, pp. 75–76.

15. Stepovyi, M.O., Doronin, V.A. (2013). Yakist pylku tsukrovykh buriakiv za obrobky matochnykiv pislia skhodovymy herbitsydamy [Sugar beet pollen quality when treating seedbeds with post-emergence herbicides]. Zbirnyk naukovyh prac' IBKiCB [Collection of scientific works of the Institute of Biology and Chemistry]. Vol. 17, pp. 300–302.

16. Shyriaieva, E.I. (1975). Vplyv herbitsydiv na makrosporohenez i hametohenez u tsukrovykh buriakiv [Effect of herbicides on macrosporogenesis and gametogenesis in sugar beets]. Cytologija i genetyka [Cytology and Genetics]. Vol. 9, no. 3, pp. 245–250.

17. Hizbullin, N.H., Yeshchenko, A.V. (2001). Produktyvnost nasinnykiv pry zastosuvanni herbitsydiv [Productivity of seed crops when using herbicides]. Cukrovi burjaky [Sugar Beets]. no. 6, pp. 21–22.

18. Kozubov, H.M. (1965). Pro pryskorenyi i nadiinyi metod vyznachennia zhyttiezdatnosti pylku [On an accelerated and reliable method for determining pollen viability]. Botanichnyj zhurnal [Botanical Journal]. Vol. 50, no. 6, pp. 241–252.

19. Yarmoliuk, H.I., Shyriaieva, E.I. (1982). Tsytolohichni ta tsytoembriolohichni doslidzhennia v selektsii tsukrovykh buriakiv. Metodychni rekomendatsii [Cytological and cytoembryological studies in sugar beet breeding: methodological recommendation]. Kyiv, Scientific opinion, 56 p.

20. Doronin, V.A., Kovalchuk, A.O. (2011). Vplyv herbitsydiv na protsesy klitynnoho podilu i yakist nasinnia tsukrovykh buriakiv [Effect of herbicides on cell division processes and sugar beet seed quality]. Visnyk agrarnoi' nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 9, pp. 19–21.

The effect of post-emergence herbicides on the fertility of mother plants and pollen quality in sugar beet seed production

Polishchuk V., Seletskyi V.

Growing sugar beet seeds is impossible without the use of herbicides. To control weed infestation in commercial sugar beet crops, a number of herbicides are recommended; however, most of them have not been sufficiently studied with regard to their effects on mother roots and seed plants. According to the literature, herbicides exert diverse effects on cultivated plants. Therefore, the aim of this study was to investigate the impact of the post-emergence herbicides Betanal Max PRO and Goltix Gold on the ploidy of sugar beet mother plants and pollen grain quality.

Significant changes were identified in the cellular system of sugar beet plants, particularly following the application of Betanal Max PRO and Goltix Gold at maximum rates and under their combined use. When mother plants were treated with the maximum recommended herbicide doses, the proportion of diploid plants decreased by 19.6–23.8 %, while the number of mixoploids increased 2.3–3.0 times compared with the control. The smallest alterations in the chromosomal apparatus were observed when mother plants were treated with Betanal Max PRO at a rate of 1 L/ha. In this treatment variant, the proportions of diploids and mixoploids remained at the control level and amounted to 87.5 % and 12.5 %, respectively. Similar results were obtained when

Goltix Gold was applied at the minimum recommended rate (1.5 L/ha).

The use of post-emergence herbicides on sugar beet mother plants caused significant disturbances in pollen grain quality in the tetraploid multigerm pollinator hybrid Konstanta, especially when increased herbicide rates were applied. An increase in the proportion of deformed pollen grains was observed following the application of maximum herbicide doses. In particular, treatment with Betanal Max PRO at the maximum rate resulted in a 6.6-fold increase in deformed pollen grains and a 3.5-fold increase in non-viable pollen grains compared with the control. Application of Goltix Gold for weed control also led to disturbances in generative development; however, these effects were considerably less pronounced than those observed with Betanal Max PRO at the maximum rate.

Key words: mother roots, seed plants, chromosomal apparatus, pollen viability, pollen size, diploids, tetraploids.

Copyright: Поліщук В.В., Селецький В.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:
Поліщук В.В. https://orcid.org/0000-0001-8157-7028
Селецький В.П. https://orcid.org/0009-0001-4189-0500

АГРОНОМІЯ

УДК 633.111.1«324»:631.524:664.64.016

Вплив попередника на формування реологічних властивостей тіста генотипів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.)

Правдзіва І.В., Василенко Н.В., Хорошко Н.М.

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

Правдзіва І.В. E-mail: irinapravdziva@gmail.com

Правдзіва І.В., Василенко Н.В., Хорошко Н.М. Вплив попередника на формування реологічних властивостей тіста генотипів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). «Агробіологія», 2026. № 1. С. 137–148.

Pravdziva I., Vasylenko N., Khoroshko N. The effect of preceding crop on the formation of rheological properties of dough of winter wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 137–148.

Рукопис отримано: 18.02.2026 р.
Прийнято: 05.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-137-148

ISSN 2310-9270

У статті наведено результати досліджень щодо впливу різних попередників та умов років вирощування на варіювання реологічних властивостей тіста сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.).

Метою дослідження було встановити особливості впливу попередників на формування сили борошна, пружності тіста, конфігурацію альвеограми, індексу еластичності тіста сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої у різні за гідротермічним режимом роки в умовах центральної частини Лісостепу України.

Відмічено максимальні середні значення пружності тіста, конфігурації альвеограми та індексу еластичності тіста у різні за гідротермічним режимом роки. Не встановлено суттєвого впливу умов років вирощування на силу борошна. У середньому за генотипами й роками досліджень, вищі реологічні властивості тіста отримано після сої, сидерального пару та гірчиці, а нижчі – після соняшнику і кукурудзи. Встановлено слабку (CV ≤ 5 %) та помірну (6 ≤ CV ≤ 10 %) варіацію реологічних властивостей тіста залежно від попередника. Виокремлено сорт МІП Роксолана та селекційну лінію Лютесценс 37548, які вирізнялися більшою стабільністю комплексу реологічних властивостей тіста залежно від попередника. Визначальні частки впливу умов року було виявлено на конфігурацію альвеограми (43,1 %) та індекс еластичності тіста (46,3 %); взаємодії трьох чинників сорт × рік × попередник на силу борошна (32,3 %). Формування пружності тіста залежало як від генотипу (22,1 %), так і від року (27,8 %). Генотипова складова варіювала від 13,1 % (для індексу еластичності тіста) до 25,0 % (для сили борошна). Відмічено вищий (3,2 %) вплив попередника на силу борошна. Встановлено суттєвий внесок взаємодії чинників сорт × рік (8,7–19,5 %), сорт × попередник (8,0–16,6 %) та трифакторних взаємодій (17,9–32,3 %) на досліджувані реологічні властивості тіста. Відмічені особливості формування та варіювання реологічних властивостей тіста залежно від попередників і умов років варто враховувати за вирощування сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., сила борошна, пружність тіста, конфігурація альвеограми, індекс еластичності тіста, умови року, попередник.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є однією з найважливіших та найбільш поширених сільськогосподарських культур у світі. Пшениця відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки та задоволенні промислового попиту в усьому світі [1]. Зерно пшениці характеризується високою поживною цінністю та є одним із основних продуктів харчування для значної частини населення нашої планети [2, 3]. Зерно *Triticum aestivum* L. є джерелом вуглеводів, білка, жирів, а також мінералів (включаючи P, K, Ca та Mg), вітамінів групи B та інших біологічно активних речовин [4]. Воно забезпечує від однієї п'ятої до половини добової норми споживання білка та калорій [5].

Поняття якості зерна пшениці поєднує низку показників, які характеризують різні властивості зерна, борошна, тіста та хліба, а саме: фізичні, хімічні, реологічні та хлібопекарські. Тобто, якість зерна визначається сукупністю різноманітних її складових, які перебувають між собою в складних взаємозв'язках та безпосередньо впливають на якість кінцевого продукту [6, 7].

Як відомо, пшениця це основа для створення великого асортименту продуктів харчування. Це універсальна культура, з якої переважно отримують борошно для виготовлення хлібобулочних, макаронних, кондитерських виробів та роблять крупи (манна, пшенична, кускус, булгур). Хліб є одним із найпопулярніших продуктів харчування у всьому світі [8].

Встановлено, що харчова цінність зерна пшениці та виробів з нього безпосередньо пов'язана з вмістом білка, кількістю та якістю клейковини [9, 10]. Ключову роль у визначенні структурних та функціональних властивостей отриманих продуктів відіграє клейковина, а саме генетична варіабельність за алельним складом локусів *Gli/Glu (гліадин/глютенін)*, які визначають хлібопекарську та інші якості зерна пшениці [11, 12]. Глютеніни впливають на пружність та еластичність тіста, а гліадини – на його в'язкість і розтяжність. A. Cappelli & E. Cini [13], K. Pycia & L. Juszczak [14], З.В. Усова [15] дослідили, що результуючі показники хлібопекарської оцінки хліба значною мірою залежать від фізичних (реологічних) властивостей тіста, а саме: енергії деформації (сили борошна), пружності та розтяжності тіста, коефіцієнта конфігурації альвеограми (співвідношення пружності до розтяжності), індексу еластичності, водопоглинальної здатності борошна, часу утворення і стабільності тіста, ступеня розрідження тіста та інших. Реологічні властивості тіста описують поведінку тіста в технологічному процесі під час механічної його обробки, відображають формозберігання виробів та впливають на якість готового виробу [16]. Реологія є загальновизнаним інструментом оцінювання якості борошна серед фахівців із технології переробки зернових культур. У наукових дослідженнях її показники використовують на всіх етапах технологічного процесу для контролю механічних властивостей сировини, моделювання поведінки матеріалів під час обробки та прогнозування якості кінцевого продукту.

A. Cappelli et al. [17] зазначають, що показником який максимально характеризує здатність утворювати тісто з певними фізичними властивостями, є сила борошна. Пружність тіста, його розтяжність, конфігурація альвеограми, індекс еластичності тіста – це показники, які надають додаткову інформацію про силу борошна та описують формоутримувальну здатність подових виробів [18]. Величина пружності тіста визначає його стійкість до деформації. Розтяжність тіста пов'язана з еластичністю, від якої залежить газоутримувальна здатність цього тіста і збільшення його в об'ємі під час дозрівання. Індекс еластичності відображає стійкість тіста до навантаження. Визначення фізичних (реологічних) властивостей тіста дозволяє надати обґрунтовану характеристику основних структурно-механічних властивостей зразків борошна [19].

Показники якості зерна пшениці, зокрема і реологічні властивості тіста, залежать від низки чинників, серед яких найбільш важливими є генотип, зовнішні умови середовища та елементи технології вирощування [20]. Раціональне розміщення культур у сівозміні є ефективним і доступним способом підвищення якості зерна пшениці. Правильно підібраний попередник забезпечує належний фітосанітарний стан посівів, що створює сприятливі умови для росту й розвитку рослин протягом усього вегетаційного періоду [21]. Пшениця озима, порівняно з іншими культурами, характеризується підвищеною чутливістю до попередників. Тому науково обґрунтований вибір попередньої культури є одним із ключових чинників підвищення якості зерна пшениці озимої без суттєвих додаткових витрат [22]. Розуміння генетичної основи агрономічних та якісних характеристик пшениці має вирішальне значення для промислового її використання.

Мета дослідження – встановити особливості впливу попередників на формування реологічних властивостей тіста (сили борошна, пружності тіста, конфігурації альвеограми, індексу еластичності тіста) сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої у різні за гідротермічним режимом роки в умовах центральної частини Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України (МІП) впродовж 2021/22–2023/24 рр. Визначали вплив п'яти попередників (соя (SB), соняшник (SF), кукурудза (CR), сидеральний пар (GM), гірчиця (MS)) на формування реологічних властивостей тіста (сила борошна, пружність тіста, конфігурація альвеограми, індекс еластичності тіста, водопоглинальна здатність борошна) восьми нових сортів (МІП Аеліта, МІП Ауріка, МІП Відзнака, МІП Дарунок, МІП Довіра, МІП Ніка, МІП Роксолана, МІП Феєрія), дев'яти перспективних селекційних ліній (Еритроспермум 606667, Еритроспермум 60724, Еритроспермум 60793, Лютесценс 37548, Лютесценс 60293, Лютесценс 60302, Лютесценс 60400, Лютесценс 60702, Лютесценс 60734) пшениці м'якої озимої та сорту стандарту Подолянка.

Використовували загальноприйняту технологію вирощування пшениці озимої для зони Лісостепу України [23]. Облікова площа дослідних ділянок становила 10 м^2. Повторність чотириразова.

Реологічні властивості тіста пшениці м'якої озимої визначали у лабораторії якості зерна МІП з кожного повторення урожаю 2022–2024 рр. відповідно до загальноприйнятих методів [24]. Показники: силу борошна (W), пружність тіста (P), конфігурацію альвеограми (P/L), індекс еластичності тіста (Ie) – визначали на приладі Alveograph Chopin.

Обробку отриманих експериментальних даних проводили за методами описової статистики, варіаційним, дисперсійним аналізами [25, 26]. Частки впливу досліджуваних чинників розраховували від суми квадратів відхилень [27]. Для інтерпретації коефіцієнта варіації (CV) використали наступну шкалу [28]: CV ≤ 5 % – слабка варіація, 6 ≤ CV ≤ 10 % – помірна, 11 ≤ CV ≤ 20 % – значна, 21 ≤ CV ≤ 50 % – велика, CV ≥ 51 % – дуже велика.

Результати досліджень та обговорення. У роки випробувань відмічено підвищення середньорічної температури повітря на 1,0–3,3 °С від середнього багаторічного значення (СБЗ) (табл. 1). Щороку листопад, грудень, січень, лютий, березень, червень і липень характеризувалися значним підвищенням середньомісячної температури повітря на 0,8–6,5 °С від СБЗ. Також суттєве перевищення температури повітря на 3,6–4,2 °С від СБЗ виявлено у вересні, жовтні, квітні та липні 2023/24 р. Істотне зниження температури повітря на 1,3 і 1,6 °С від СБЗ відмічено у вересні 2021/22 та 2022/23 рр. За кількістю опадів вегетаційний 2021/22 р. вирізнявся посушливими умовами (80 % до СБЗ), 2022/23 р. – надмірним вологозабезпеченням (132 % до СБЗ), 2023/24 р. був найбільш наближеним до середнього багаторічного значення (93 % до СБЗ). Відмічено критично низьку кількість опадів (< 50 % до СБЗ) у вересні, лютому та березні 2021/22 р., у січні, травні та червні 2022/23 р., у серпні, вересні, травні та липні 2023/24 р. Аномально велику їх кількість (≥ 150 % до СБЗ) виявлено у квітні та серпні 2021/22 р., у квітні, липні, серпні, вересні та листопаді 2022/23 р., у березні, квітні, жовтні, листопаді 2023/24 р.

Гідротермічні умови років вирощування неоднаково впливали на розмах варіювання та середні значення різних реологічних властивостей тіста пшениці м'якої озимої (рис. 1). У 2024 р. отримано нижчі середні значення пружності тіста (P) (74 мм) і конфігурації альвеограми (P/L) (0,79 од.) та максимальний середній індекс еластичності тіста (Ie) (93,4 %), також у цьому році відмічено менший розмах варіювання цих ознак. Не виявлено суттєвої різниці між 2022 та 2023 рр. середніх величин пружності тіста (104; 102 мм відповідно) та конфігурації альвеограми (1,42; 1,47 од. відповідно), проте вони були вищими порівняно з 2024 р. (P = 74 мм, P/L = 0,79 од.). Найменший середній індекс еластичності тіста (73,0 %) з максимальним розмахом його варіювання отримано у 2022 р. Не встановлено суттєвої різниці середніх значень сили борошна (304–320 од. а.) та її розмаху варіації між роками випробувань.

За результатами досліджень виявлено неоднаковий вплив попередників на формування реологічних властивостей тіста за різних умов вирощування (табл. 2). У середньому за генотипами пшениці м'якої озимої у 2021/22 р. отримано максимальні значення сили борошна (338 од. а.) та індексу еластичності тіста (75,0 %) після гірчиці, пружності тіста після сої, конфігурації альвеограми (1,55 од.) після соняшнику; у 2022/23 р. – сили борошна (332 од. а.) після сидерального пару, інших реологічних властивостей тіста (P – 108 мм, P/L – 1,57, Ie – 84,2 %) після кукурудзи; у 2023/24 р. – сили борошна (329 од. а.),

пружності (77 мм) та індексу еластичності тіста (94,0 %) після сої, а конфігурації альвеограми (0,88 од.) після соняшнику. Достовірно нижчу силу борошна відмічено після соняшнику у 2021/22 і 2022/23 рр. (296; 273 од. а. відповідно) та після кукурудзи (273 од. а.) у 2024 р. Пружність тіста та конфігурація альвеограми були меншими після кукурудзи у 2022 та 2024 рр. (Р – 97; 67 мм, P/L – 1,23; 0,74 од. відповідно) та після соняшнику (Р – 94 мм, P/L – 1,40 од.) у 2023 р. Виявлено нижчі значення індексу еластичності тіста після сидерального пару у 2022 р., після соняшнику у 2023 р. та після кукурудзи у 2024 р.

Таблиця 1 – **Середньомісячні значення температури повітря та кількості опадів у роки досліджень**

Вегетаційний рік	Місяць												За рік
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Температура повітря, °С													
2021/22	20,5	13,2	7,6	4,8	-1,1	-1,2	1,7	2,3	8,4	14,6	20,7	20,4	9,3
2022/23	21,6	12,9	8,2	3,8	0,2	-0,1	-0,5	5,2	9,3	15,5	19,7	20,9	9,7
2023/24	22,8	18,4	12	4,5	0,9	-1,9	3,3	4,4	13,1	15,9	21,4	24,5	11,6
СБЗ	19,6	14,5	8,4	2,3	-2,1	-4,4	-3,2	1,5	9,2	15,3	18,7	20,3	8,3
Сума опадів, мм													
2021/22	88	19	18	26	63	23	9	11	86	29	42	55	469
2022/23	88	118	30	81	43	11	28	45	85	21	39	184	773
2023/24	5	8	51	79	60	23	44	86	72	6	103	7	544
СБЗ	58	50	34	41	43	36	32	35	44	51	80	80	584

Примітка. СБЗ – середні багаторічні значення за 1960/61–2020/21 рр.

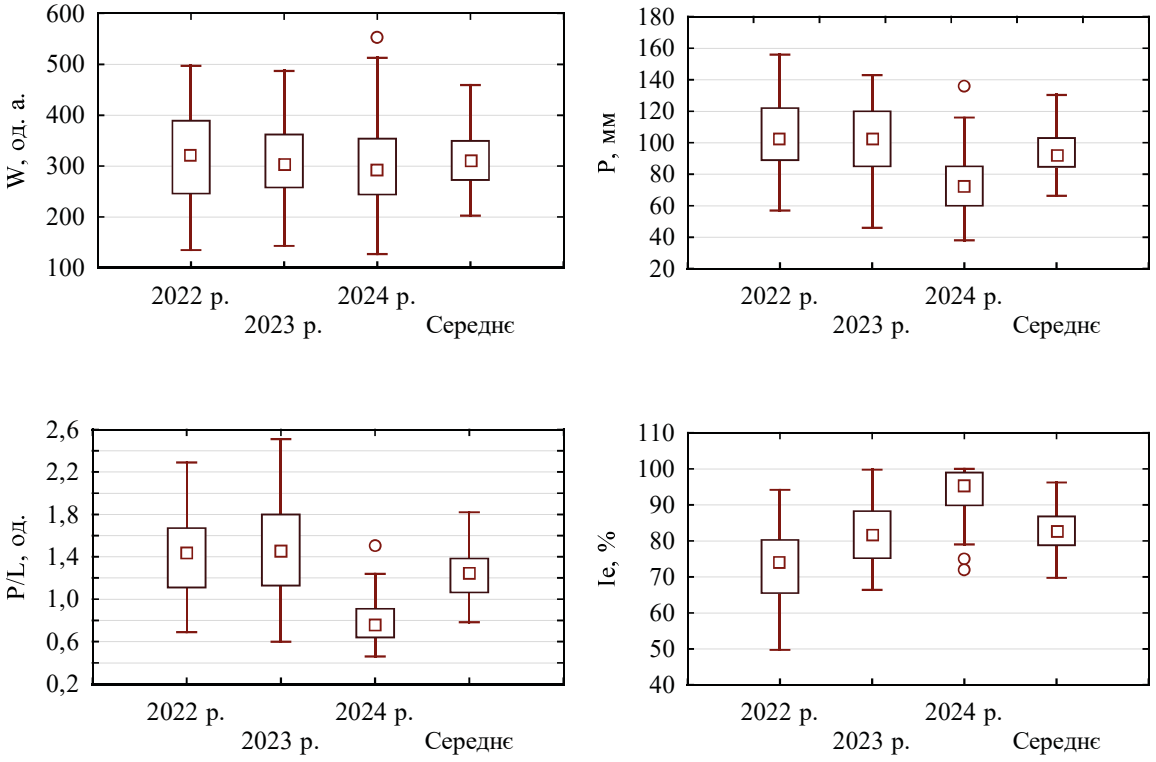


Рис. 1. **Варіювання реологічних властивостей тіста пшениці озимої у роки дослідження:**
W – сила борошна, Р – пружність тіста, P/L – конфігурація альвеограми, Ie – індекс еластичності тіста; од. а. – одиниць альвеографа, од. – одиниць; : □ – середнє; ▯ – 25–75 %; I – діапазон варіювання; ○ – значення, що суттєво відрізняються від інших значень вибірки.

Таблиця 2 – **Мінливість реологічних властивостей тіста пшениці озимої залежно від попередника у роки дослідження,** середнє за генотипами

Вегетаційний рік	Попередник					x	$НІР_{05}$	σ	CV, %
	SB	SF	CR	GM	MS				
	Сила борошна (W), од. а.								
2021/22 р.	331	296	314	320	338	320	15	16,3	5,1
2022/23 р.	318	273	327	332	303	311	14	23,7	7,6
2023/24 р.	329	287	273	323	311	305	14	23,9	7,8
Середнє	326	285	305	325	317	312	14	17,0	5,5
	Пружність тіста (P), мм								
2021/22 р.	107	104	97	105	105	104	7	3,8	3,7
2022/23 р.	104	94	108	104	103	103	8	4,8	4,7
2023/24 р.	77	76	67	76	75	74	7	4,2	5,7
Середнє	96	92	91	95	94	94	8	2,2	2,3
	Конфігурація альвеограми (P/L), од.								
2021/22 р.	1,46	1,55	1,23	1,41	1,43	1,42	0,11	0,12	8,4
2022/23 р.	1,45	1,40	1,57	1,43	1,50	1,47	0,10	0,07	4,5
2023/24 р.	0,79	0,88	0,74	0,79	0,76	0,79	0,11	0,05	6,8
Середнє	1,23	1,28	1,18	1,21	1,23	1,23	0,10	0,04	3,0
	Індекс еластичності тіста (Ie), %								
2021/22 р.	74,4	71,3	73,6	70,8	75,0	73,0	2,9	1,9	2,6
2022/23 р.	83,4	77,7	84,2	83,3	81,8	82,1	2,7	2,6	3,2
2023/24 р.	94,0	93,6	92,7	93,2	93,5	93,4	2,3	0,5	0,5
Середнє	83,9	80,9	83,5	82,4	83,4	82,8	2,7	1,2	1,5

Примітка: SB – попередник соя, SF – соняшник, CR – кукурудза, GM – сидеральний пар, MS – гірчиця; x – середні значення; $НІР_{05}$ – найменша істотна різниця; σ – стандартне відхилення.

У середньому за роками досліджень кращими попередниками для формування високої сили борошна (317–326 од. а.) та пружності тіста (94–96 мм) були соя, сидеральний пар та гірчиця, а соняшник і кукурудза зумовлювали зниження цих ознак (W – 285; 305 од. а., P – 92; 91 мм відповідно). У середньому за три роки найнижчий індекс еластичності тіста (80,9 %) отримано після соняшнику, меншу конфігурацію альвеограми (1,18 од.) після кукурудзи, тимчасом інші попередники позитивно впливали на формування цих показників.

Залежно від попередника у середньому за генотипами пшениці м'якої озимої встановлено слабку варіацію (CV ≤ 5 %) індексу еластичності тіста, слабку та помірну (6 ≤ CV ≤ 10 %) варіабельність інших реологічних властивостей тіста. Найменший вплив попередника на формування сили борошна (CV = 5,1 %) та пружності тіста (CV = 3,7 %) отримано у 2021/22 р., конфігурації альвеограми (CV = 4,5 %) – у 2022/23 р., індексу еластичності тіста (CV = 0,5 %) – у 2023/24 р.

У середньому за роки досліджень (рис. 2) у більшості сортів і селекційних ліній відмічено максимальні величини сили борошна після сої, сидерального пару та гірчиці, пружності тіста після сидерального пару, конфігурації альвеограми після соняшнику та сої, індексу еластичності тіста після гірчиці. Для певних генотипів пшениці м'якої озимої після кукурудзи виявлено достовірно вищі окремі реологічні властивості тіста: сила борошна для сортів МІП Ніка (355 од. а.), МІП Роксолана (354 од. а.) та селекційної лінії Лютесценс 37548 (265 од. а.); пружність тіста (102 мм) та конфігурація альвеограми (1,31 од.) для сорту МІП Ніка. Виокремлено генотипи, які формували вищі значення комплексу реологічних властивостей тіста після сої – Еритроспермум 60667, Еритроспермум 60724; після кукурудзи – Подолянка, МІП Ніка, Лютесценс 37548; після сидерального пару – МІП Довіра,

МІП Феєрія, Лютесценс 60302; після гірчиці – МІП Відзнака, Лютесценс 60734. Отже, для отримання високих реологічних властивостей тіста вказані вище сорти потрібно висівати після відповідних попередників. Інші сорти та селекційні лінії пшениці м'якої озимої формували максимальні досліджувані реологічні властивості тіста після різних попередників.

попередників на формування реологічних властивостей тіста. А саме, значно нижчу силу борошна виявлено у сорту МІП Роксолана (309 од. а.) після сої, у сорту МІП Відзнака (291 од. а.) та селекційних ліній Еритроспермум 60793 (282 од. а.), Лютесценс 60734 (203 од. а.) після сидерального пару, у сорту МІП Дарунок (333 од. а.) та селекційних

Рис. 2. **Мінливість реологічних властивостей тіста сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередника,** середнє за 2021/22–2023/24 рр.: W – сила борошна, P – пружність тіста, P/L – конфігурація альвеограми, Ie – індекс еластичності тіста; од. а. – одиниць альвеографа, од. – одиниць; попередники: SB –соя, SF – соняшник, CR – кукурудза, GM – сидеральний пар, MS – гірчиця; 1– Подолянка, 2 – МІП Аеліта, 3 – МІП Ауріка, 4 – МІП Відзнака, 5 – МІП Дарунок, 6 – МІП Довіра, 7 – МІП Ніка, 8 – МІП Роксолана, 9 – МІП Феєрія, 10 – Еритроспермум 60667, 11 – Еритроспермум 60724, 12 – Еритроспермум 60793, 13 – Лютесценс 37548, 14 – Лютесценс 60293, 15 – Лютесценс 60302, 16 – Лютесценс 60400, 17 – Лютесценс 60702, 18 – Лютесценс 60734.

Визначено, що у середньому за 2021/22–2023/24 рр. переважна кількість сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої мали нижчу силу борошна за вирощування після соняшнику та кукурудзи, менші значення пружності тіста та конфігурації альвеограми після кукурудзи, нижчий індекс еластичності тіста після соняшнику, що встановило загальну тенденцію впливу попередників на реологічні властивості тіста. Однак, відмічено відмінності від загальної закономірності впливу

ліній Еритроспермум 60724 (257 од. а.), Лютесценс 60302 (253 од. а.) після гірчиці. Істотно меншу пружність тіста мав сорт МІП Відзнака (101 мм) та селекційна лінія Лютесценс 60734 (68 мм) після сидерального пару, селекційні лінії Еритроспермум 60724 (74 мм), Лютесценс 60302 (73 мм) після гірчиці. Отримано достовірно нижчу конфігурацію альвеограми після сої у сорту МІП Довіра (1,13 од.), після сидерального пару у селекційної лінії Лютесценс 60734 (0,96 од.),

після гірчиці у селекційної лінії Лютесценс 60302 (0,86 од.). Суттєво менший індекс еластичності тіста зафіксовано після кукурудзи у сорту МІП Ауріка (79,8 %), після сидерального пару у сортів МІП Відзнака (81,1 %), МІП Ніка (78,2 %) та селекційних ліній Лютесценс 60702 (82,8 %), Лютесценс 60734 (70,0 %), після гірчиці у сорту МІП Дарунок (79,0 %) та селекційної лінії Еритроспермум 60724 (75,5 %). Виділено генотипи, які формували нижчі значення всіх досліджуваних реологічних властивостей тіста: після соняшнику – сорт Подолянка; після кукурудзи – сорт МІП Ауріка та селекційна лінія Лютесценс 60702; після сидерального пару – сорти МІП Відзнака, МІП Ніка та селекційна лінія Лютесценс 60734; після гірчиці – селекційні лінії Еритроспермум 60724, Лютесценс 60302. Інші сорти та селекційні лінії пшениці м'якої озимої мали найменші показники реологічних властивостей тіста після різних попередників. Отже, у середньому за 2021/22–2023/24 рр. виявлено диференціацію реакції сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої за показниками реологічних властивостей тіста на попередники.

Коефіцієнт варіації – показник, який вказує на величину відхилення відносно середнього значення. Тобто за цим коефіцієнтом можна оцінювати стабільність сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від впливу різних чинників [29, 30].

Встановлено різну варіацію реологічних властивостей тіста сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередника (табл. 3). Коефіцієнт варіації (CV) сили борошна був у межах 4,8–20,5 %, пружності тіста – 5,1–18,2 %, конфігурації альвеограми – 5,1–22,0 %, індексу еластичності тіста – 1,7–6,5 %. Виокремлено найбільш стабільні генотипи щодо впливу попередника на всі досліджувані показники – МІП Роксолана та Лютесценс 37548. Сорт МІП Ніка та селекційні лінії Еритроспермум 60724, Еритроспермум 60793, Лютесценс 60293 й Лютесценс 60734 характеризувалися значною мінливістю реологічних властивостей тіста залежно від попередника.

Таблиця 3 – **Коефіцієнти варіювання (%) реологічних властивостей тіста сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від попередника,** середнє за 2021/22–2023/24 рр.

Сорт, селекційна лінія		Сила борошна (W)	Пружність тіста (P)	Конфігурація альвеограми (P/L)	Індекс еластичності тіста (Ie)
1	Подолянка	13,8	10,8	7,3	5,4
2	МІП Аеліта	10,6	9,4	15,7	3,6
3	МІП Ауріка	18,2	9,6	5,7	4,8
4	МІП Відзнака	15,1	9,7	5,1	5,0
5	МІП Дарунок	9,6	5,6	13,8	5,0
6	МІП Довіра	3,7	6,4	12,6	6,5
7	МІП Ніка	11,7	15,1	20,3	6,4
8	МІП Роксолана	4,8	5,3	5,7	3,7
9	МІП Феєрія	20,5	10,3	7,1	4,9
10	Еритроспермум 60667	13,6	12,5	7,4	4,3
11	Еритроспермум 60724	15,6	18,2	22,0	6,1
12	Еритроспермум 60793	12,4	11,1	14,0	5,5
13	Лютесценс 37548	8,9	5,1	7,4	3,8
14	Лютесценс 60293	15,3	12,2	14,5	2,6
15	Лютесценс 60302	14,2	9,6	9,6	1,7
16	Лютесценс 60400	6,1	7,6	16,9	3,7
17	Лютесценс 60702	11,7	5,5	7,3	5,8
18	Лютесценс 60734	17,0	15,8	17,1	5,9

За результатами дисперсійного аналізу (рис. 3) встановлено істотний ($p \leq 0,01$) вплив усіх досліджуваних чинників та їх взаємодій на показники якості зерна. Виявлено максимальний вплив чинника сорт на силу борошна (25,0 %). Генотипова складова для конфігурації альвеограми становила 17,6 %, для індексу еластичності тіста 13,1 %. Показник пружності тіста залежав як від генотипу (22,1 %), так і умов року (27,8 %). Умови року конститутивно впливали на конфігурацію альвеограми (43,1 %) та індекс еластичності тіста (46,3 %). Попередник більше впливав на силу борошна (3,2 %). Отримано значні частки (> 8,0%) впливу взаємодії чинників сорт × рік та сорт × попередник на всі досліджувані показники. Слід відмітити, що формування реологічних властивостей тіста, а особливо сили борошна, суттєво (17,9–32,3 %) залежало від взаємодії трьох чинників сорт × рік × попередник. Отже, формування реологічних властивостей тіста було зумовлено дією генотипу та умов року, за домінуючої ролі як одного, так і іншого чинника. Також встановлено суттєвий внесок взаємодії чинників сорт × рік, сорт × попередник та трифакторних взаємодій на всі досліджувані показники, з максимальною часткою впливу на силу борошна.

Висновки. За результатами дослідження виявлено мінливість реологічних властивостей тіста пшениці м'якої озимої залежно від генотипу, попередника та гідротермічних умов. Відмічено максимальні середні значення пружності тіста, конфігурації альвеограми та індексу еластичності тіста у різні роки. Не встановлено суттєвого впливу умов років вирощування на силу борошна.

Отримано, у середньому за генотипами й роками досліджень, вищі реологічні властивості тіста після сої, сидерального пару та гірчиці. Попередники соняшник і кукурудза зумовлювали зниження цих ознак. Виявлено відмінності від загальної тенденції впливу попередників на досліджувані показники окремих сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої.

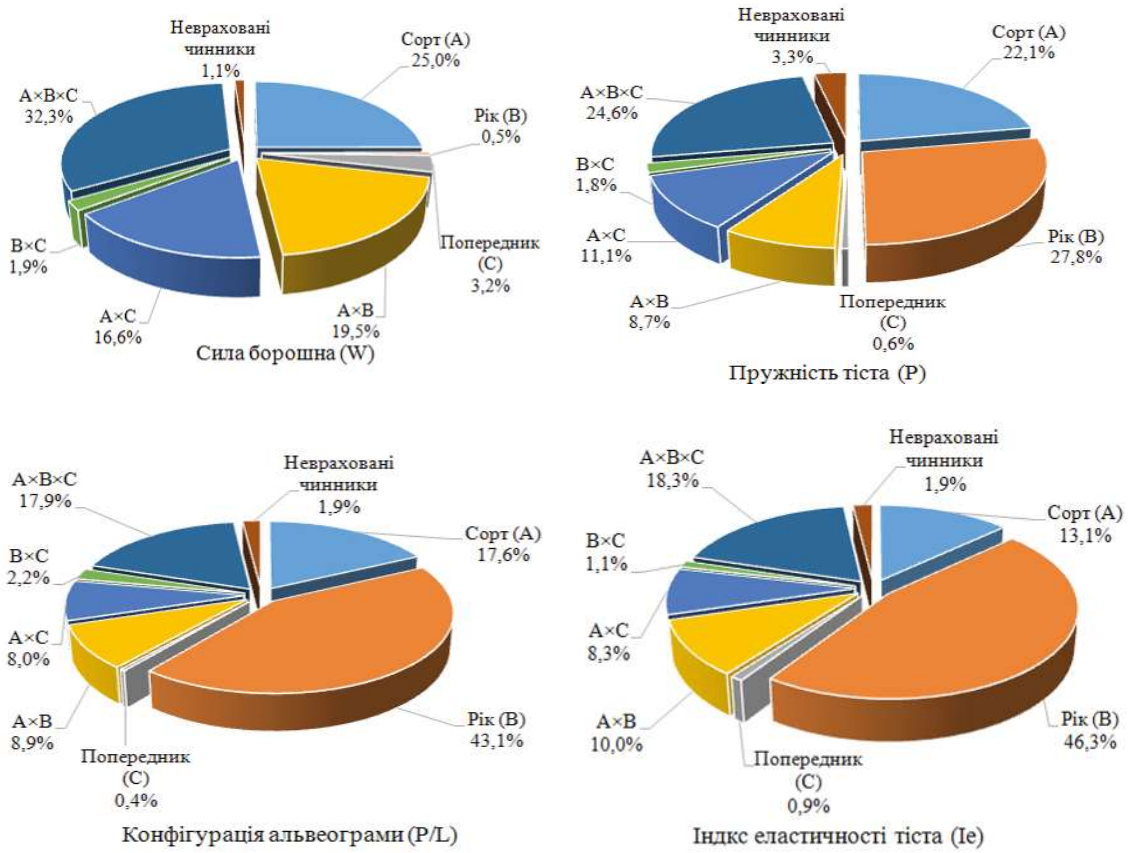


Рис. 3. **Частки (%) впливу чинників на реологічні властивості тіста пшениці м'якої озимої,** 2021/22–2023/24 рр.

Встановлено слабку (CV ≤ 5 %) та помірну (6 ≤ CV ≤ 10 %) варіацію реологічних властивостей тіста залежно від попередника у середньому за генотипами пшениці м'якої озимої. Виокремлено сорт МІП Роксолана та селекційну лінію Лютесценс 37548, які вирізнялися більшою стабільністю реологічних властивостей тіста щодо впливу попередника. Значною мінливістю досліджуваних показників характеризувалися сорт МІП Ніка та селекційні лінії Еритроспермум 60724, Еритроспермум 60793, Лютесценс 60293, Лютесценс 60734.

Виявлено визначальний вплив умов року вирощування на конфігурацію альвеограми (43,1 %) та індекс еластичності тіста (46,3 %). Досліджено конститутивний вплив взаємодії трьох чинників сорт × рік × попередник на силу борошна (32,3 %). Формування пружності тіста залежало як від генотипу (22,1 %), так і від року (27,8 %). Генотипова складова варіювала від 13,1 % (для індексу еластичності тіста) до 25,0 % (для сили борошна). Відмічено вищий (3,2%) вплив попередника на силу борошна та найменший (0,4 %) на конфігурацію альвеограми. Встановлено суттєвий внесок взаємодії чинників сорт × рік (8,7–19,5 %), сорт × попередник (8,0–16,6 %) та трифакторних взаємодій (17,9–32,3 %) на досліджувані реологічні властивості тіста.

Відмічені особливості формування та варіювання реологічних властивостей тіста залежно від попередників і умов років варто враховувати за вирощування сортів та селекційних ліній пшениці м'якої озимої.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. FAOSTAT: Global cereal production statistics, 2022–2024. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/

2. Khalid A., Hameed A., Tahir M.F. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Frontiers in Nutrition. 2023. Vol. 10. Art. 1053196. DOI: 10.3389/fnut.2023.1053196

3. Nutritional values of wheat and the roles and functions of its compositions in health / M.Z. Islam et al. Preprints.org. 2024. Art. 2024090710. DOI: 10.20944/preprints202409.0710.v1

4. Особливості формування показників якості зерна селекційними лініями пшениці м'якої озимої / О.Ю. Леонов та ін. Селекція і насінництво. 2025. № 127. С. 23–41. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.333725

5. Dissection of genetic basis underpinning kernel weight-related traits in common wheat / S. Li et al. Plants. 2021. Vol. 10. Issue 4. Art. 713. DOI: 10.3390/plants10040713

6. Genetic profiling of quality traits for industrial applications and agronomic practices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) / R.N. Raut et al. Journal of Advances in Biology & Biotechnology. 2025. Vol. 28. No 4. P. 420–434. DOI: 10.9734/jabb/2025/v28i42202

7. Khalid A., Hameed A., Tahir M.F. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Frontiers in Nutrition. 2023. Vol. 10. Art. 1053196. DOI: 10.3389/fnut.2023.1053196

8. Wysocka K., Cacak-Pietrzak G., Feledyn-Szewczyk B., Studnicki M. The baking quality of wheat flour (*Triticum aestivum* L.) obtained from wheat grains cultivated in various farming systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional). Applied Sciences. 2024. Vol. 14. Issue 5. Art. 1886. DOI: 10.3390/app14051886

9. Pravdziva I.V., Vasylenko N.V., Khoroshko N.M. Differentiation of *Triticum aestivum* L. genotypes according to combination of yield and flour quality indicators. Plant Breeding and Seed Production. 2023. No 124. P. 56–65. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.293888

10. Changes in free amino acid and protein polymerization in wheat caryopsis and endosperm during filling after shading / H. Ma et al. Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. Art. 1344972. DOI: 10.3389/fpls.2024.1344972

11. The role of gluten in food products and dietary restriction: Exploring the potential for restoring immune tolerance / L. Ye et al. Foods. 2023. Vol. 12. Issue 22. Art. 4179. DOI: 10.3390/foods12224179

12. Рибалка О.І., Моргун В.В., Моргун Б.В., Поліщук С.С. Генетичні основи нового напряму селекції оригінальних за якістю зерна класів пшениці (*Triticum aestivum* L.) і тритикале (×*Triticosecale* Wittmack). Фізіологія рослин і генетика. 2019. Т. 51. № 3. С. 207–240. DOI: 10.15407/frg2019.03.207

13. Cappelli A., Cini E. Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: a systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality. Sustainability. 2021. Vol. 13. Issue 5. Art. 2608. DOI: 10.3390/su13052608

14. Pycia K., Juszczak L. Rheological characteristics of wheat dough containing powdered hazelnuts or walnuts oil cakes. Foods. 2024. Vol. 13. Issue 1. Art. 140. DOI: 10.3390/foods13010140

15. Усова З.В. Реологічні властивості тіста та хлібопекарські показники якості борошна пшеничних генотипів в залежності від субодиниць високомолекулярних глютенінів. Селекція і насінництво. 2010. № 98. С. 196–203.

16. Comparison of wholegrain baking performance and agronomic traits of coloured wheat cultivars in Central Europe / J. Kant et al. Journal of Cereal Science. 2025. Vol. 126. Art. 104298. DOI: 10.1016/j.jcs.2025.104298

17. Predictive models of the rheological properties and optimal water content in doughs: An application to ancient grain flours with different degrees of refining / A. Cappelli et al. Journal of Cereal Science. 2018. Vol. 83. P. 229–235. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.09.006

18. Криворучко М. Пружно-в'язкісні характеристики тістових композицій з кокосовою клітковиною. Товари і ринки. 2018. № 3. С. 99–108.

19. Vázquez D., Balzani A. Uruguayan wheat proteins: their relationship with traditional parameters and how are they affected by genotype and environment. Agrociencia Uruguay. 2020. Vol. 24. No 1. Art. 147. DOI: 10.31285/AGRO.24.147

20. Filip E., Woronko K., Stępień E., Czarniecka N. An overview of factors affecting the functional quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Molecular Sciences. 2023. Vol. 24. Issue 8. Art. 7524. DOI: 10.3390/ijms24087524

21. Демидов О.А., Правдзіва І.В., Василенко Н.В. Вплив умов року, строку сівби та попередника на формування сили борошна генотипів *Triticum aestivum* L. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 24(2). С. 27–38. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-2-3

22. Продуктивність пшениці озимої в 6-7-пільних сівозмінах Лівобережного Лісостепу / Я.С. Цимбал та ін. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2024. № 4. С. 25–32. DOI: 10.54651/agri.2024.04.03

23. Виробництво добазового, базового і сертифікованого насіння пшениці озимої та ярої / за ред. А.А. Сіроштана, В.П. Кавунця. Миронівка, 2019. 72 с.

24. Технологічна оцінка рослинницької продукції сортів сільськогосподарських видів. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик, 4-те вид. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. С. 6–64.

25. Гамаюнова В.В., Смірнова І.В. Методи та організація досліджень в агрономії. Миколаїв, 2017. 44 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2075/1/Metody_ta_orhanizatsiya_doslidzhen_v_ahronomiyi.pdf

26. Основи статистичного моделювання: навч. посібник / за ред. С.В. Чугаєвської, Н.В. Ковтун. Житомир: ПП «Рута», 2022. 604 с. URL: https://eprints.zu.edu.ua/33864/1/stat.pdf

27. Волощук С.І., Харченко М.В. Екологічна оцінка перспективних ліній тритикале озимого. Миронівський вісник. 2017. Вип. 5. С. 126–151. DOI: 10.31073/mvis201705-11

28. Опря А.Т., Дорогань-Писаренко Л.О., Єгорова О.В., Кононенко Ж.А. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань). 2-ге вид., перероб. і допов. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 536 с.

29. The variability of yield and baking quality of wheat and suitability for export from Nordic–Baltic conditions / R. Koppel et al. Acta Agriculturae Scandinavica. 2020. Vol. 70. Issue 8. P. 628–639. DOI: 10.1080/09064710.2020.1829025

30. Rachoń L., Bobryk-Mamczarz A., Kiełtyka-Dadasiewicz A. Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. Agriculture. 2020. Vol. 10. Issue 7. P. 275–289. DOI: 10.3390/ agriculture10070275

REFERENCES

1. FAOSTAT: Global cereal production statistics, 2022–2024. Available at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/

2. Khalid, A., Hameed, A., Tahir, M.F. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Frontiers in Nutrition. Vol. 10, Art. 1053196. DOI: 10.3389/fnut.2023.1053196

3. Islam, M.Z., Alam, M.N., Rahman, M.M., Islam, M.Z., Rahman, A. (2024). Nutritional values of wheat and the roles and functions of its compositions in health. Preprints.org. Art. 2024090710. DOI: 10.20944/preprints202409.0710.v1

4. Leonov, O.Yu., Usova, Z.V., Suvorova, K.Yu., Baibak, M.I., Rosankevych, O.M., Usova, N.O. (2025). Grain quality indicators in winter bread wheat breeding lines. Plant Breeding and Seed Production. no. 127, pp. 23–41. DOI: 10.30835/2413-7510.2025.333725

5. Li, S., Wang, L., Meng,Y., Hao, Yu., Xu, H., Hao, M., Lan, S., Zhang, Y., Lv, L., Zhang, K., Peng, X., Lan, C., Li, X., Zhang, Y. (2021). Dissection of genetic basis underpinning kernel weight-related traits in common wheat. Plants. Vol. 10(4), Art. 713. DOI: 10.3390/plants10040713

6. Raut, R.N., Talekar, N., Ghule, A.L., Pareek, S., Afandi, F., Abhimanyu, G., Shinde, S., Jadhav, A.A. (2025). Genetic profiling of quality traits for industrial applications and agronomic practices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Advances in Biology & Biotechnology. Vol. 28(4), pp. 420–434. DOI: 10.9734/jabb/2025/v28i42202

7. Khalid, A., Hameed, A., Tahir, MF. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Frontiers in Nutrition. Vol. 10, Art. 1053196. DOI: 10.3389/fnut.2023.1053196

8. Wysocka, K., Cacak-Pietrzak, G., Feledyn-Szewczyk, B., Studnicki, M. (2024). The baking quality of wheat flour (*Triticum aestivum* L.) obtained from wheat grains cultivated in various farming systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional). Applied Sciences. Vol. 14(5), Art.1886. DOI: 10.3390/app14051886

9. Pravdziva, I.V., Vasylenko, N.V., Khoroshko, N.M. (2023). Differentiation of *Triticum aestivum* L. genotypes according to combination of yield and flour quality indicators. Plant Breeding and Seed Production. no 124, pp. 56–65. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.293888

10. Ma, H., Yang, Y., Wu, D., Xiang, G., Luo, T., Huang, X., Yang, H., Zheng, T., Fan, G. (2024).

Changes in free amino acid and protein polymerization in wheat caryopsis and endosperm during filling after shading. Frontiers in Plant Science. Vol. 15, Art. 1344972. DOI: 10.3389/fpls.2024.1344972

11. Ye, L., Zheng, W., Li, X., Han, W., Shen, J., Lin, Q., Hou, L., Liao, L., Zeng, X. (2023). The role of gluten in food products and dietary restriction: Exploring the potential for restoring immune tolerance. Foods. Vol. 12(22), Art. 4179. DOI: 10.3390/foods12224179

12. Rybalka, O.I., Morgun, V.V., Morgun, B.V., Polyshchuk, S.S. (2019). Henetychni osnovy novoho napriamu selektsii oryhinalnykh za yakistiu zerna klasiv pshenytsi (*Triticum aestivum* L.) i trytykale (×*Triticosecale* Wittmack) [Genetic background for breeding of new quality classes of wheat (*Triticum aestivum* L.) and triticale (× *Triticosecale* Wittmack)]. Fiziolohiia roslyn i henetyka [Plant Physiology and Genetics]. Vol. 51(3), pp. 207–240. DOI: 10.15407/frg2019.03.207

13. Cappelli, A., Cini, E. (2021). Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: a systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality. Sustainability. Vol. 13(5), Art. 2608. DOI: 10.3390/su13052608

14. Pycia, K., Juszczak, L. (2024). Rheological characteristics of wheat dough containing powdered hazelnuts or walnuts oil cakes. Foods. Vol. 13(1), Art. 140. DOI: 10.3390/foods13010140

15. Usova, Z.V. (2010). Reolohichni vlastyvosti tista ta khlibopekarski pokaznyky yakosti boroshna pshenychnykh henotypiv v zalezhnosti vid subodynyts vysokomolekuliarnykh hliuteniniv [Rheological properties of dough and baking quality indicators of wheat flour genotypes depending on subunits of high-molecular glutenins]. Selektsiia i nasinnytstvo [Plant Breeding and Seed Production]. no. 98, pp. 196–203.

16. Kant, J., Todeva, E., Zettelm, V., Schwadorf, K., Ruf, A., Longin, C.F.H., Jekle, M. (2025). Comparison of wholegrain baking performance and agronomic traits of coloured wheat cultivars in Central Europe. Journal of Cereal Science. Vol. 126, Art. 104298. DOI: 10.1016/j.jcs.2025.104298

17. Cappelli, A., Cini, E., Guerrini, L. Masella, P., Angeloni, G., Parenti, A. (2018). Predictive models of the rheological properties and optimal water content in doughs: An application to ancient grain flours with different degrees of refining. Journal of Cereal Science. Vol. 83, pp. 229–235. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.09.006

18. Kryvoruchko, M. (2018). Pruzhno-v'yazkisni kharakterystyky tistovykh kompozytsii z kokosovoiu klitkovynoiu [Elasto-viscous characteristics of dough compositions with coconut fiber]. Tovary i rynky [Commodities and Markets]. no. 3, pp. 99–108.

19. Vázquez, D., Balzani, A. (2020). Uruguayan wheat proteins: their relationship with traditional parameters and how are they affected by genotype and environment. Agrociencia Uruguay. Vol. 24(1), Art. 147. DOI: 10.31285/AGRO.24.147

20. Filip, E., Woronko, K., Stępień, E., Czarniecka, N. (2023). An overview of factors affecting the functional quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Molecular Sciences. Vol. 24(8), Art. 7524. DOI: 10.3390/ijms24087524

21. Demydov, O.A., Pravdziva, I.V., Vasylenko, N.V. (2023). Vplyv umov roku, stroku sivby ta poperednyka na formuvannia syly boroshna henotypiv *Triticum aestivum* L. [The influence of growing season conditions, sowing date, and preceding crop on the flour strength formation in *Triticum aestivum* L. genotypes]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo [Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding]. Vol. 74(2), pp. 27–38. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-2-3

22. Tsymbal, Ya.S., Boiko, P.I., Martyniuk, I.V., Yakymenko, L.P., Bakumova, M.V. (2024). Produktyvnist pshenytsi ozymoi v 6-7-pilnykh sivozminakh Livoberezhnoho Lisostepu [Productivity of winter wheat in 6-7-field crop rotations of the Left Bank Forest-Steppe]. Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka [Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice]. no. 4, pp. 25–32. DOI: 10.54651/agri.2024.04.03

23. Siroshtan, A.A., Kavunets, V.P. (2019). Vyrobnytstvo dobazovoho, bazovoho i sertyfikovanoho nasinnia pshenytsi ozymoi ta yaroi [Production of pre-basic, basic and certified winter and spring wheat seeds]. Myronivka, 72 p.

24. Tkachyk, S.O. (2016). Tekhnolohichna otsinka roslynnytskoi produktsii sortiv silskohospodarskykh vydiv [Technological assessment of crop production of varieties of agricultural species]. 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]. Vinnytsia, LLC "Nilan-LTD", pp. 6–64.

25. Gamaiunova, V.V., Smirnova, I.V. (2017). Metody ta orhanizatsiia doslidzhen v ahronomii [Methods and organization of research in agronomy]. Mykolaiv, 44 p. Available at: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2075/1/Metody_ta_orhanizatsiya_doslidzhen_v_ahronomiyi.pdf

26. Chugaevska, S.V., Kovtun, N.V. (Eds.). (2022). Osnovy statystychnoho modeliuvannia: navch. posibnyk [Fundamentals of statistical modeling]. Zhytomyr, PP "Ruta", 604 p. Available at: https://eprints.zu.edu.ua/33864/1/stat.pdf

27. Voloshchuk, S.I., Kharchenko, M.V. (2017). Ekolohichna otsinka perspektyvnykh linii trytykale ozymoho [Environmental evaluation of winter triticale prospective lines]. Myronivskyi visnyk [Myronivka Bulletin]. Issue 5, pp. 126–151. DOI: 10.31073/mvis201705-11

28. Opria, A.T., Dorohan-Pysarenko, L.O., Yehorova, O.V., Kononenko, Zh.A. (2014). Statystyka (modulnyi variant z prohramovanoiu formoiu kontroliu znan) [Statistics (modular version with a pro-

grammable form of knowledge control)]. Kyiv, Center for Educational Literature, 536 p.

29. Koppel, R., Ingver, A., Ardel, P., Kangor, T., Kennedy, H.J., Koppel, M. (2020). The variability of yield and baking quality of wheat and suitability for export from Nordic–Baltic conditions. Acta Agriculturae Scandinavica. Vol. 70(8), pp. 628–639. DOI: 10.1080/09064710.2020.1829025

30. Rachoń, L., Bobryk-Mamczarz, A., Kiełtyka-Dadasiewicz, A. (2020). Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. Agriculture. Vol. 10(7), pp. 275–289. DOI: 10.3390/ agriculture10070275

The effect of preceding crop on the formation of rheological properties of dough of winter wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.)

Pravdziva I., Vasylenko N., Khoroshko N.

The article presents the results of a study on the influence of different preceding crops and growing season conditions on the variation of rheological properties of dough in winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties and breeding lines.

The aim of the study was to determine the effects of preceding crops on flour strength, dough tenacity, alveograph configuration, and the dough elasticity index of winter bread wheat varieties and breeding lines under contrasting hydrothermal conditions in the central Forest-Steppe of Ukraine.

The highest average values of dough tenacity, alveograph configuration, and dough elasticity index were recorded in years with contrasting hydrothermal regimes. No significant effect of growing season conditions on flour strength was observed. On average across genotypes and years, higher rheological properties were obtained after soybean, green manure, and mustard, while lower values were observed after sunflower and maize.

A weak (CV ≤ 5 %) and moderate (6 % ≤ CV ≤ 10 %) variation in dough rheological properties depending on the preceding crop was found. The variety MIP Roksolana and the breeding line Lutescens 37548 were distinguished by greater stability of the complex of rheological dough properties across different preceding crops.

It was established that the main factors influencing alveograph configuration (43.1 %) and dough elasticity index (46.3 %) were growing season conditions. The interaction of the three factors (variety × year × preceding crop) had a substantial effect on flour strength (32.3 %). Dough elasticity was determined by both genotype (22.1 %) and year (27.8 %).

The genotypic contribution ranged from 13.1 % (dough elasticity index) to 25.0 % (flour strength). The highest influence of preceding crop on flour strength was 3.2 %. A significant contribution of interactions between factors was also observed: variety × year (8.7–19.5 %), variety × preceding crop (8.0–16.6 %), and three-way interactions (17.9–32.3 %) for the studied rheological properties.

The revealed patterns of formation and variation in dough rheological properties depending on preceding crops and seasonal conditions should be taken into account in the cultivation of winter bread wheat varieties and breeding lines.

Key words: *Triticum aestivum* L., flour strength, dough tenacity, alveogram configuration, dough elasticity index, conditions of the year, preceding crop.

Copyright: Правдзіва І.В., Василенко Н.В., Хорошко Н.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:
Правдзіва І.В. https://orcid.org/0000-0002-0808-1584
Василенко Н.В. https://orcid.org/0000-0002-4326-6613
Хорошко Н.М. https://orcid.org/0000-0002-0663-1968

АГРОНОМІЯ

УДК 633.63:581.132:632.112

Функціональний стан фотосинтетичного апарату хлоротичних листків буряків цукрових

Присяжнюк О.І.[1], Маляренко О.А.[1], Черняк М.О.[1], Мусіч В.В.[1], Вороненко О.В.[2], Гончарук О.М.[1]

[1]*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*

[2]*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Присяжнюк О.І. E-mail: ollpris@gmail.com

Присяжнюк О.І., Маляренко О.А., Черняк М.О., Мусіч В.В., Вороненко О.В., Гончарук О.М. Функціональний стан фотосинтетичного апарату хлоротичних листків буряків цукрових. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 149–158.

Prysiazhniuk O., Maliarenko O., Cherniak M., Musich V., Voronenko O., Honcharuk O. Functional status of the photosynthetic apparatus in chlorotic sugar beet leaves. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 149–158.

Рукопис отримано: 02.03.2026 р.
Прийнято: 17.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-149-158

ISSN 2310-9270

Урожайність та якість коренеплодів буряку цукрового залежить від ефективності фотосинтетичної діяльності листкового апарату, який є основним постачальником асимілятів для формування цукрів у коренеплодах. Хлороз листків – фізіологічне порушення, що проявляється у втраті листками зеленого забарвлення внаслідок зниження вмісту хлорофілу і призводить до зниження продуктивності культури. Метою дослідження було оцінити функціональний стан фотосинтетичного апарату листків буряків цукрових із ознаками хлорозу методом індукції флуоресценції хлорофілу (OJIP-тест) і встановити зв'язок параметрів флуоресценції хлорофілу з вмістом пігментів та індивідуальною продуктивністю рослин. Польові дослідження проводили у зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України у 2023−2025 рр. Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу проводили портативним флуориметром «Флоратест» на повністю розвинених листках середнього ярусу. Перед вимірюванням листки адаптували до темряви впродовж 30 хв. за допомогою спеціальних кліпс. Реєстрацію кривих OJIP здійснювали за інтенсивності актинічного світла 3000 мкмоль фотонів·$м^{-2}$·$с^{-1}$ впродовж 1 с. Показник Fv/Fm, що характеризує максимальний квантовий вихід первинних фотохімічних реакцій ФСII, є найбільш інформативним параметром для оцінки функціонального стану фотосинтетичного апарату.

Встановлено, що хлоротичні (повністю білі) листки характеризуються критичним зниженням максимальної флуоресценції (Fm) на 57–81 % та варіабельної флуоресценції (Fv) на 60–86 % порівняно з нормально забарвленими листками. Показник максимального квантового виходу ФСII (Fv/Fm) у хлоротичних листків становив 0,50–0,91 проти 0,96 у нормальних, що свідчить про суттєве порушення первинних фотохімічних реакцій. Виявлено тісний кореляційний зв'язок між вмістом хлорофілу та параметрами флуоресценції (r=0,97). Хлоротичні рослини формували коренеплоди з масою на 45–78 % меншою та цукристістю на 2,1–4,8 % нижчою порівняно з нормальними рослинами. OJIP-тест є ефективним експрес-методом діагностики функціонального стану фотосинтетичного апарату та прогнозування продуктивності буряку цукрового.

Ключові слова: хлороз листя, флуоресценція хлорофілу, OJIP-тест, Fv/Fm, фотосистема II, продуктивність, цукристість.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Буряки цукрові (*Beta vulgaris* L.) є однією з найважливіших технічних культур України, яка забезпечує сировинну базу цукрової промисловості. У 2023 р. в Україні було зібрано близько 13 млн тонн цукрових буряків з площі 250 тис. га із середньою урожайністю 52 т/га, що є одним з найвищих показників в Європі [1]. Урожайність та якість коренеплодів визначаються ефективністю фотосинтетичної діяльності листкового апарату, який є основним донором асимілятів для формування цукрів у коренеплодах [2].

Хлороз листків – поширене фізіологічне порушення, що проявляється у втраті зеленого забарвлення внаслідок зниження вмісту хлорофілу. У буряків цукрових хлороз найчастіше спричиняє дефіцит заліза (Fe-хлороз), особливо на карбонатних ґрунтах з високим pH, де залізо переходить у недоступні для рослин форми [3]. Хлороз листків також може бути ознакою азотного голодування, нестачі магнію, міді, марганцю, низьких температур та інших явищ. Хлороз інфекційного походження спричиняють віруси. Хлороз листя призводить до ослаблення, а потім до повного припинення фотосинтезу [4].

Morales et al. [5] встановили, що реакція листків буряків цукрових на дефіцит заліза проходить у дві фази: у першу фазу листки можуть втрачати значну частину хлорофілу за збереження відносно сталої ефективності фотохімії ФСII; у другу фазу, коли вміст хлорофілу знижується нижче порогового рівня, спостерігається критичне зниження ефективності фотосистеми II.

Метод індукції флуоресценції хлорофілу (OJIP-тест) є сучасним неінвазивним інструментом діагностики функціонального стану фотосинтетичного апарату рослин [6, 7]. Крива OJIP відображає кінетику зміни флуоресценції хлорофілу від мінімального рівня (O – origin) до максимального (P – peak) через проміжні точки J та I, що характеризують послідовне відновлення компонентів електрон-транспортного ланцюга фотосистеми II (ФСII) [8]. За даними Strasser et al. [9], фаза O-J відповідає за відновлення первинного акцептора QA, фаза J-I – за наповнення пулу пластохінонів, а фаза I-P – за відновлення кінцевих акцепторів електронів на стороні ФСI.

Kalaji et al. [10] у своєму огляді зазначають, що флуоресценція хлорофілу a є потужним інструментом для вивчення фотосинтезу *in vivo*, який дозволяє отримати детальну інформацію про стан та функціонування реакційних центрів ФСII, світлозбиральних антенних комплексів та донорної і акцепторної сторін ФСII. Показник Fv/Fm, що характеризує максимальний квантовий вихід первинних фотохімічних реакцій, є найбільш інформативним параметром для оцінки функціонального стану фотосинтетичного апарату [11, 12].

Метою дослідження було оцінити функціональний стан фотосинтетичного апарату хлоротичних листків буряку цукрового методом OJIP-тесту та встановити зв'язок параметрів флуоресценції хлорофілу з вмістом пігментів та індивідуальною продуктивністю рослин.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. на базі ДП ДГ «Саливонківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, розташованого в зоні Правобережного Лісостепу України (Київська обл.). Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний на лесі з вмістом гумусу 3,8–4,2 %, pH сольової витяжки 6,2–6,8, забезпеченість рухомими формами азоту – середня, фосфору та калію – підвищена.

Об'єктом дослідження слугували рослини буряку цукрового гібрида Рутенія 11 з різним ступенем прояву хлорозу листків. За ступенем хлорозу рослини розподіляли на чотири групи: норма – рослини з нормально забарвленими зеленими листками; хлороз I ступеня (сильний) – листки повністю білі, без видимого зеленого забарвлення; хлороз II ступеня (помірний) – листки переважно білі з окремими зеленими ділянками; хлороз III ступеня (слабкий) – листки світло-зелені з вираженим пожовтінням.

Вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу проводили портативним флуориметром «Флоратест» (рис. 1) на повністю розвинених листках середнього ярусу. Перед вимірюванням листки адаптували до темряви впродовж 30 хв. за допомогою спеціальних кліпс [13]. Реєстрацію кривих OJIP здійснювали за інтенсивності актинічного світла 3000 мкмоль фотонів·$м^{-2}$·$с^{-1}$ впродовж 1 с.

Розраховували такі параметри JIP-тесту за методикою Strasser et al. [9]: F_0 – мінімальна (початкова) флуоресценція темноадаптованого листка; Fm – максимальна флуоресценція; Fv = Fm – F_0 – варіабельна флуоресценція; Fv/Fm – максимальний квантовий вихід первинних фотохімічних реакцій ФСII; Fv/ F_0 – показник фотохімічної активності ФСII.

Вміст хлорофілів визначали спектрофотометричним методом після екстракції пігментів 96 % етанолом за довжин хвиль 665 і 649 нм з розрахунком за формулами Wintermans і De Mots [14].

Рис. 1. **Визначення параметрів флуоресценції хлорофілу за допомогою портативного флуориметра «Флоратест».**

Індивідуальну продуктивність рослин оцінювали за масою коренеплоду (г) та вмістом цукру (%) у фазу технічної стиглості, а цукристість визначали поляриметричним методом [15].

Статистичну обробку даних проводили методами варіаційної статистики та кореляційного аналізу з використанням програмного пакета Statistica 10.0.

Результати досліджень та обговорення. Візуальна оцінка рослин буряків цукрових виявила значну варіабельність за інтенсивністю забарвлення листків. Хлоротичні рослини з повністю або частково знебарвленими листками (рис. 2) становили близько 3–5 % від загальної кількості обстежених рослин на дослідному полі.

Аналіз кривих індукції флуоресценції хлорофілу (рис. 3) виявив принципові відмінності між нормальними та хлоротичними листками. Криві OJIP нормально забарвлених листків мали типову полісигмоїдну форму з чітко вираженими точками O, J, I та P, що свідчить про нормальне функціонування електрон-транспортного ланцюга ФСІІ [8, 16].

Натомість криві хлоротичних листків характеризувалися значно нижчим рівнем флуоресценції та згладженою формою без виражених піків, що вказує на критичне порушення фотохімічних процесів внаслідок дефіциту хлорофілу. Подібні зміни форми кривих OJIP за Fe-дефіциту у буряку цукрового описані Morales et al. [5], які виявили характерний проміжний пік I, що збільшується зі зростанням симптомів дефіциту. Кількісний аналіз параметрів флуоресценції (табл. 1) підтвердив суттєві відмінності між групами рослин.

Рис. 2. **Хлоротична рослина буряків цукрових із частково знебарвленими листками.**

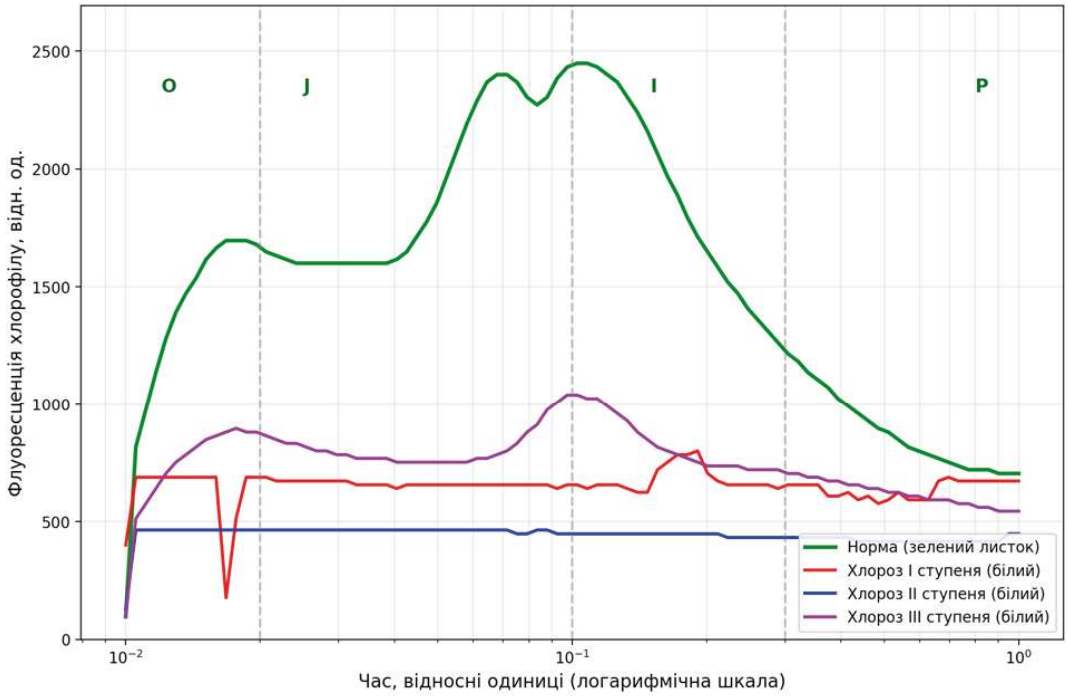


Рис. 3. **Криві індукції флуоресценції хлорофілу листків буряків цукрових із різним ступенем хлорозу.**

Таблиця 1 − **Параметри флуоресценції хлорофілу листків буряків цукрових з різним ступенем хлорозу**

Параметр	Норма	Хлороз I (сильний)	Хлороз II (помірний)	Хлороз III (слабкий)
F_0, відн. од.	96	400	128	96
Fm, відн. од.	2448	800	464	1040
Fv, відн. од.	2352	400	336	944
Fv/Fm	0,961	0,500	0,724	0,908
Fv/ F_0	24,50	1,00	2,63	9,83
Зміна Fm, % до норми	-	-67,3	-81,0	-57,5
Зміна Fv/Fm, % до норми	-	-48,0	-24,6	-5,5

Максимальна флуоресценція (Fm) у хлоротичних листків була знижена на 57–81 % порівняно з нормою, що відображає зменшення кількості функціонально активних молекул хлорофілу в антенних комплексах та реакційних центрах ФСІІ [17]. Варіабельна флуоресценція (Fv) знижувалася ще більшою мірою – на 60–86 %, що свідчить про порушення здатності реакційних центрів ФСІІ до фотохімічного розділення зарядів.

Показник Fv/Fm, що характеризує максимальний квантовий вихід первинних фотохімічних реакцій ФСІІ, є найбільш інформативним параметром для оцінки функціонального стану фотосинтетичного апарату [10, 18]. У нормально забарвлених листків цей показник становив 0,961, що відповідає оптимальному стану (норма для здорових рослин – 0,83–0,85 за даними Baker [11]). У хлоротичних листків Fv/Fm знижувався до 0,50–0,91 залежно від ступеня хлорозу (рис. 4).

Особливо показовим є зниження параметра Fv/F_0, який характеризує фотохімічну активність ФСІІ і є більш чутливим до стресових впливів, ніж Fv/Fm [19]. У листків із хлорозом I ступеня (сильним) цей показник знизився у 24,5 рази порівняно з нормою, що узгоджується з даними Bussotti et al. [20] – про високу чутливість цього параметра до порушень пігментного комплексу.

Аналіз розподілу значень флуоресценції (рис. 5) показав, що хлоротичні листки характеризуються не лише нижчим середнім рівнем флуоресценції, а також значно меншою варіабельністю, що свідчить про відсутність динамічних фотохімічних процесів.

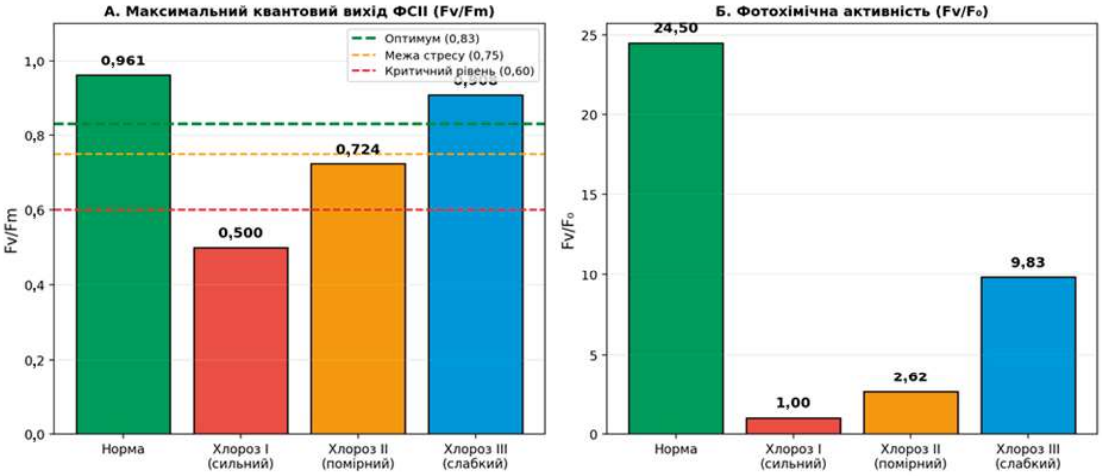


Рис. 4. **Показники функціонального стану фотосинтетичного апарату листків буряків цукрових.**

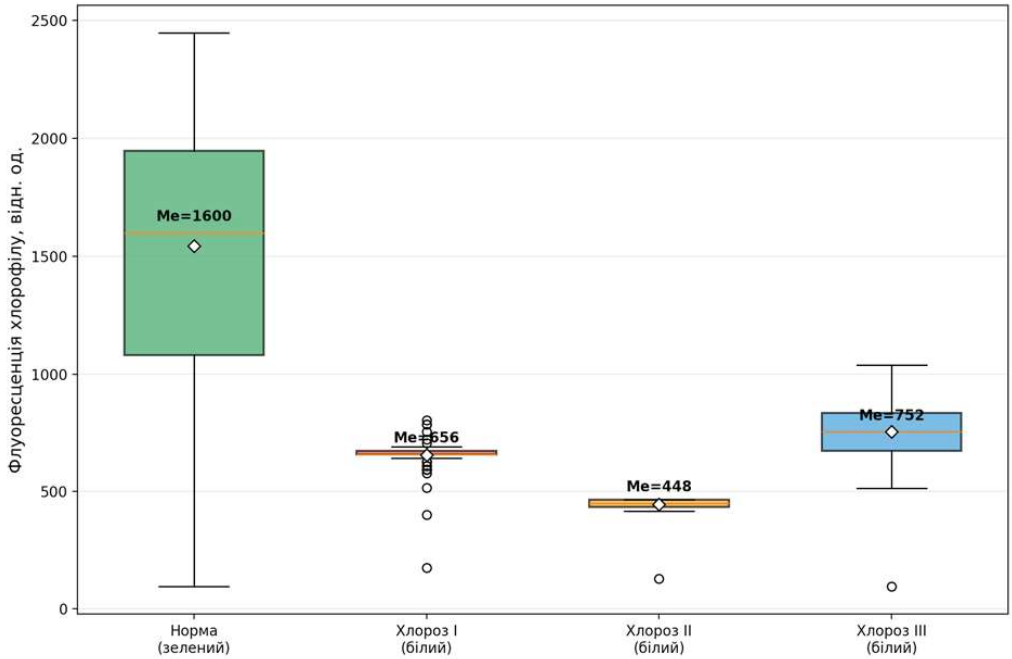


Рис. 5. **Розподіл значень флуоресценції хлорофілу у листках буряків цукрових.**

Детальний аналіз динаміки флуоресценції по фазах OJIP-кривої (рис. 6, табл. 2) дозволив ідентифікувати етапи електрон-транспортного ланцюга, які найбільше постраждали від хлорозу. За даними Schansker et al. [21], різні фази кривої OJIP відповідають за різні етапи відновлення електрон-транспортного ланцюга.

Найбільш виражене зниження флуоресценції спостерігалося у фазах O-J та J-I (на 62–68 %), що відповідають за первинне відновлення QA і наповнення пулу пластохінонів [8, 22]. Це свідчить про порушення функціонування донорної та акцепторної сторін ФСII внаслідок критичного дефіциту хлорофілу.

Біохімічний аналіз підтвердив прямий зв'язок між ступенем хлорозу та вмістом пігментів у листках (табл. 3). Morales et al. [23] показали, що за Fe-дефіциту у буряку цукрового неоксантин та β-каротин знижуються паралельно з хлорофілом a, тимчасом лютеїн та каротиноїди ксантофілового циклу зберігаються краще.

Таблиця 2 – **Динаміка флуоресценції за фазами OJIP-кривої**

Фаза	Норма	Хлороз I	Хлороз II	Хлороз III	Зміна I, %
O (початок)	1147	656	427	636	-42,8
O-J (QA→QA⁻)	1641	627	464	844	-61,8
J-I (PQ-пул)	2016	655	461	810	-67,5
I-P (PSI)	1723	671	441	799	-61,0
P (максимум)	802	636	420	596	-20,6

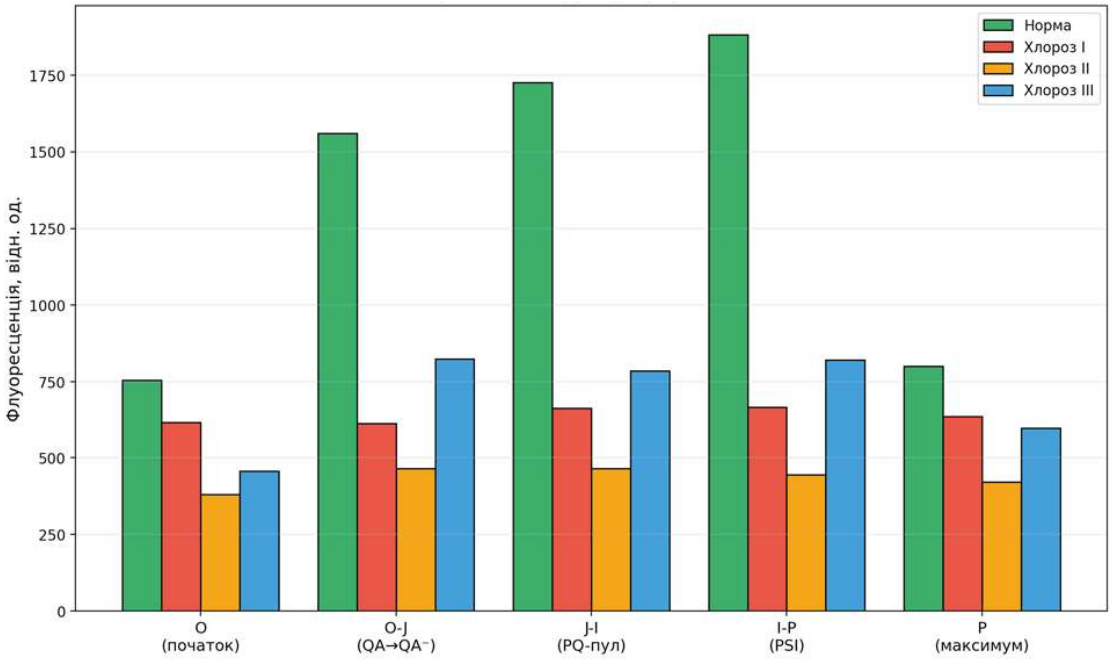


Рис. 6. **Динаміка флуоресценції по фазах OJIP-кривої у листках буряків цукрових.**

Вміст хлорофілу (a+b) у хлоротичних листків становив лише 15–67 % від норми, що повністю узгоджується з результатами флуориметричного аналізу. Виявлено тісний позитивний кореляційний зв'язок між вмістом хлорофілу та показником Fv/Fm (r=0,97, P<0,01), що підтверджує можливість використання OJIP-тесту для непрямої оцінки вмісту пігментів (рис. 7). Подібний зв'язок між вмістом хлорофілу та ефективністю ФСII описаний Larbi et al. [24] для Fe-дефіцитних рослин буряку.

Оцінка індивідуальної продуктивності рослин (табл. 4) виявила критичний вплив хлорозу на формування коренеплодів. За даними Terry і Zayed [25], дефіцит заліза спричиняє зниження швидкості фотосинтезу, що безпосередньо впливає на накопичення біомаси.

Маса коренеплодів хлоротичних рослин була на 45–78 % меншою порівняно з нормальними, що є прямим наслідком зниження фотосинтетичної продуктивності листкового апарату. Цукристість коренеплодів також знижувалася на 2,1–4,8 відсоткових пункти, що вказує на порушення процесів транспорту та накопичення цукрози [2].

Таблиця 3 – **Вміст хлорофілу в листках буряку цукрового з різним ступенем хлорозу**

Група рослин	Хлорофіл a, мг/г	Хлорофіл b, мг/г	Сума (a+b), мг/г	Зміна, % до норми
Норма	2,12 ± 0,18	0,73 ± 0,08	2,85 ± 0,24	–
Хлороз I (сильний)	0,31 ± 0,05	0,11 ± 0,02	0,42 ± 0,06	-85,3
Хлороз II (помірний)	0,58 ± 0,07	0,20 ± 0,03	0,78 ± 0,09	-72,6
Хлороз III (слабкий)	1,42 ± 0,12	0,50 ± 0,05	1,92 ± 0,16	-32,6

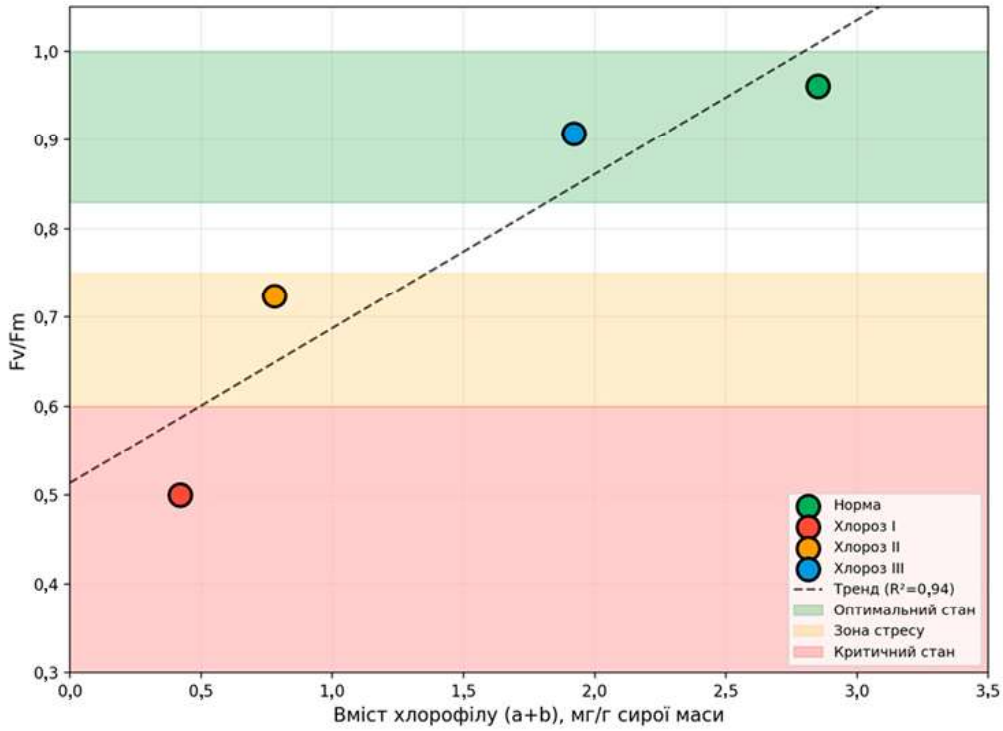


Рис. 7. **Залежність квантового виходу фотосистеми II (Fv/Fm) від вмісту хлорофілу в листках буряків цукрових.**

Таблиця 4 − **Індивідуальна продуктивність рослин буряку цукрового з різним ступенем хлорозу** (середня за 2023−2025 рр.)

Група рослин	Маса коренеплоду, г	Зміна маси, %	Цукристість, %	Зміна цукр., %
Норма	684 ± 52	-	17,8 ± 0,6	-
Хлороз I (сильний)	148 ± 24	-78,4	13,0 ± 0,8	-4,8
Хлороз II (помірний)	256 ± 38	-62,6	14,2 ± 0,7	-3,6
Хлороз III (слабкий)	378 ± 45	-44,7	15,7 ± 0,5	-2,1
$НІР_{05}$	68	-	1,2	-

Виявлено тісний кореляційний зв'язок між показником Fv/Fm та масою коренеплоду (r = 0,94), а також між Fv/Fm і цукристістю (r = 0,89). Це підтверджує можливість використання OJIP-тесту для раннього прогнозування продуктивності рослин буряку цукрового, що узгоджується з висновками Kalaji et al. [26] про практичне застосування флуоресценції хлорофілу для фенотипування культур.

Висновки. Хлоротичні (білі) листки буряків цукрових характеризуються критичним порушенням функціонального стану фотосинтетичного апарату: максимальна флуоресценція (Fm) знижена на 57–81 %, варіабельна флуоресценція (Fv) – на 60–86 % порівняно з нормально забарвленими листками. Показник максимального квантового виходу ФСII (Fv/Fm) у хлоротичних листків становив 0,50–0,91 проти 0,96 у нормальних, що відповідає діапазону від критичного стресу до помірного порушення фотосинтетичної функції. А найбільш виражене зниження флуоресценції (на 62–68 %) спостерігалося у фазах O-J та J-I кривої OJIP, що свідчить про порушення функціонування реакційних центрів ФСII та пулу пластохінонів.

Виявлено тісний кореляційний зв'язок між вмістом хлорофілу та показником Fv/Fm (r = 0,97), що підтверджує можливість використання OJIP-тесту для непрямої експрес-оцінки пігментного статусу рослин.

Хлоротичні рослини формували коренеплоди з масою на 45–78 % меншою та цукристістю на 2,1–4,8 % нижчою порівняно з нормальними, що зумовлено критичним зниженням фотосинтетичної продуктивності.

OJIP-тест є ефективним неінвазивним методом ранньої діагностики функціонального стану фотосинтетичного апарату та прогнозування індивідуальної продуктивності рослин буряків цукрових.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. USDA Foreign Agricultural Service. Ukraine: Sugar Annual. 2024. URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Sugar%20Annual_Kyiv_Ukraine_UP2024-0010.pdf

2. Роїк М.В., Гізбуллін Н.Г., Сінченко В.М. Буряк цукровий: селекція, технологія, переробка. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2020. 560 с.

3. Miller G.W., Pushnik J.C., Welkie G.W. Iron chlorosis, a worldwide problem, the relation of chlorophyll biosynthesis to iron. Journal of Plant Nutrition. 1984. 7(1–5). P. 1–22. DOI: 10.1080/01904168409363172

4. Положенець В.М., Станкевич С.В., Немерицька Л.В., Кабанець В.В. Хвороби цукрових буряків і захист від них: навч. посібник. Житомир: ПП Рута, 2025. 112 с.

5. Morales F., Abadía A., Abadía J. Chlorophyll fluorescence and photon yield of oxygen evolution in iron-deficient sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves. Plant Physiology. 1991. 97(3). P. 886–893. DOI: 10.1104/pp.97.3.886

6. Stirbet A., Govindjee. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: basics and applications of the OJIP fluorescence transient. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2011. 104(1–2). P. 236–257. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010

7. Tsimilli-Michael M. Revisiting JIP-test: An educative review on concepts, assumptions, approximations, definitions and terminology. Photosynthetica. 2020. 58. P. 275–292. DOI: 10.32615/ps.2019.150

8. Stirbet A., Lazár D., Kromdijk J., Govindjee G. Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses? Photosynthetica. 2018. 56(1). P. 86–104. DOI: 10.1007/s11099-018-0770-3

9. Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. Chlorophyll a Fluorescence: Advances in Photosynthesis and Respiration. Springer, Dordrecht, 2004. 19. DOI: 10.1007/978-1-4020-3218-9_12

10. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions / H.M. Kalaji et al. Acta Physiologiae Plantarum. 2016. 38. 102 p. DOI: 10.1007/s11738-016-2113-y

11. Baker N.R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. Annual Review of Plant Biology. 2008. 59. P. 89–113. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759

12. Maxwell K., Johnson G.N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany. 2000. 51(345). P. 659–668. DOI: 10.1093/jexbot/51.345.659

13. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel / H.M. Kalaji et al. Photosynthesis Research. 2017. 132(1). P. 13–66. DOI: 10.1007/s11120-016-0318-y

14. Wintermans J.F.G.M., De Mots A. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. Biochimica et Biophysica Acta. 1965. 109(2). P. 448–453. DOI: 10.1016/0926-6585(65)90170-6

15. Методики проведення досліджень у буряківництві / М.В. Роїк та ін. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. 374с.

16. Lazár D. The polyphasic chlorophyll a fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. Functional Plant Biology. 2006. 33(1). P. 9–30. DOI: 10.1071/FP05095

17. Nishio J.N., Terry N. Iron nutrition-mediated chloroplast development. Plant Physiology. 1983. 71(3). P. 688–691. DOI: 10.1104/pp.71.3.688

18. Murchie E.H., Lawson T. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. Journal of Experimental Botany. 2013. 64(13). P. 3983–3998. DOI: 10.1093/jxb/ert208

19. Pereira W.E., de Siqueira D.L., Martinez C.A., Puiatti M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. Journal of Plant Physiology. 2000. 157(5). P. 513–520. DOI: 10.1016/S0176-1617(00)80106-6

20. Bussotti F., Gerosa G., Digrado A., Pollastrini M. Selection of chlorophyll fluorescence parameters as indicators of photosynthetic efficiency in large scale plant ecological studies. Ecological Indicators. 2020. 108. 105686. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105686

21. Schansker G., Tóth S.Z., Strasser R.J. Methylviologen and dibromothymoquinone treatments of pea leaves reveal the role of photosystem I in the Chl a fluorescence rise OJIP. Biochimica et Biophysica Acta. 2005. 1706. P. 250–261. DOI: 10.1016/j.bbabio.2004.11.006

22. Tóth S.Z., Schansker G., Strasser R.J. A non-invasive assay of the plastoquinone pool redox state based on the OJIP-transient. Photosynthesis Research. 2007. 93(1–3). P. 193–203. DOI: 10.1007/s11120-007-9179-8

23. Morales F., Abadía A., Abadía J. Characterization of the xanthophyll cycle and other photosynthetic pigment changes induced by iron deficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Plant Physiology. 1990. 94(2). P. 607–613. DOI: 10.1104/pp.94.2.607

24. Larbi A., Abadía A., Morales F., Abadía J. Fe resupply to Fe-deficient sugar beet plants leads to rapid changes in the violaxanthin cycle and other photosynthetic characteristics without significant de novo chlorophyll synthesis. Photosynthesis Research.

2004. 79(1). P. 59–69. DOI: 10.1023/B:PRES.0000011919.35309.5e

25. Terry N., Zayed A.M. Physiology and biochemistry of leaves under iron deficiency. Iron Nutrition in Soils and Plants. Developments in Plant and Soil Sciences. Springer, Dordrecht, 1995. 59. DOI: 10.1007/978-94-011-0503-3_41

26. Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors / H.M. Kalaji et al. Photosynthetica. 2018. 56. P. 953–961. DOI: 10.1007/s11099-018-0766-z

REFERENCES

1. USDA Foreign Agricultural Service. Ukraine: Sugar Annual. 2024. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Sugar%20Annual_Kyiv_Ukraine_UP2024-0010.pdf

2. Roik, M.V., Hizbullin, N.H., Sinchenko, V.M. (2020). Tsukrovi buriaky: selektsiia, tekhnolohiia, pererobka [Sugar beet: breeding, technology, processing]. Kyiv, FOP Korzun D. Yu., 560 p.

3. Miller, G.W., Pushnik, J.C., Welkie, G.W. (1984). Iron chlorosis, a worldwide problem, the relation of chlorophyll biosynthesis to iron. Journal of Plant Nutrition. no. 7(1–5), pp. 1–22. DOI: 10.1080/01904168409363172

4. Polozhenets, V.M., Stankevych, S.V., Nemerytska, L.V., Kabanets, V.V. (2025). Khvoroby tsukrovykh buriakiv i zakhyst vid nykh: navch. posibnyk [Diseases of sugar beet and their control]. Zhytomyr, PP Ruta, 112 p.

5. Morales, F., Abadía, A., Abadía, J. (1991). Chlorophyll fluorescence and photon yield of oxygen evolution in iron-deficient sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves. Plant Physiology. no. 97(3), pp. 886–893. DOI: 10.1104/pp.97.3.886

6. Stirbet, A., Govindjee. (2011). On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: basics and applications of the OJIP fluorescence transient. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. no. 104(1–2), pp. 236–257. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010

7. Tsimilli-Michael, M. (2020). Revisiting JIP-test: An educative review on concepts, assumptions, approximations, definitions and terminology. Photosynthetica. no. 58, pp. 275–292. DOI: 10.32615/ps.2019.150

8. Stirbet, A., Lazár, D., Kromdijk, J., Govindjee, G. (2018). Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses? Photosynthetica. no. 56(1), pp. 86–104. DOI: 10.1007/s11099-018-0770-3

9. Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Srivastava, A. (2004). Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. Chlorophyll a Fluorescence: Advances in Photosynthesis and Respiration. Springer, Dordrecht, no. 19. DOI: 10.1007/978-1-4020-3218-9_12

10. Kalaji, H.M., Jajoo, A., Oukarroum, A. (2016). Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. Acta Physiologiae Plantarum. no. 38, 102 p. DOI: 10.1007/s11738-016-2113-y

11. Baker, N.R. (2008). Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. Annual Review of Plant Biology. no. 59, pp. 89–113. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759

12. Maxwell, K., Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany. no. 51(345), pp. 659–668. DOI: 10.1093/jexbot/51.345.659

13. Kalaji, H.M., Schansker, G., Brestic, M. (2017). Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. Photosynthesis Research. no. 132(1), pp. 13–66. DOI: 10.1007/s11120-016-0318-y

14. Wintermans, J.F.G.M., De Mots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. Biochimica et Biophysica Acta. no. 109(2), pp. 448–453. DOI: 10.1016/0926-6585(65)90170-6

15. Roik, M.V., Hizbullin, N.H., Sinchenko, V.M., Prysiazhniuk, O.I. (2014). Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of conducting research in beet production]. Kyiv, FOP Korzun D. Yu., 374 p.

16. Lazár, D. (2006). The polyphasic chlorophyll a fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. Functional Plant Biology. no. 33(1), pp. 9–30. DOI: 10.1071/FP05095

17. Nishio, J.N., Terry, N. (1983). Iron nutrition-mediated chloroplast development. Plant Physiology. no. 71(3), pp. 688–691. DOI: 10.1104/pp.71.3.688

18. Murchie, E.H., Lawson, T. (2013). Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. Journal of Experimental Botany. no. 64(13), pp. 3983–3998. DOI: 10.1093/jxb/ert208

19. Pereira, W.E., de Siqueira, D.L., Martinez, C.A., Puiatti, M. (2000). Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. Journal of Plant Physiology. no. 157(5), pp. 513–520. DOI: 10.1016/S0176-1617(00)80106-6

20. Bussotti, F., Gerosa, G., Digrado, A., Pollastrini, M. (2020). Selection of chlorophyll fluorescence parameters as indicators of photosynthetic efficiency in large scale plant ecological studies. Ecological Indicators. no. 108, 105686 p. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105686

21. Schansker, G., Tóth, S.Z., Strasser, R.J. (2005). Methylviologen and dibromothymoquinone treatments of pea leaves reveal the role of photosystem I in the Chl a fluorescence rise OJIP. Biochimica et Biophysica Acta. no. 1706, pp. 250–261. DOI: 10.1016/j.bbabio.2004.11.006

22. Tóth, S.Z., Schansker, G., Strasser, R.J. (2007). A non-invasive assay of the plastoquinone pool redox state based on the OJIP-transient. Photosynthesis Research. no. 93(1–3), pp. 193–203. DOI: 10.1007/s11120-007-9179-8

23. Morales, F., Abadía, A., Abadía, J. (1990). Characterization of the xanthophyll cycle and other photosynthetic pigment changes induced by iron deficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Plant Physiology. no. 94(2), pp. 607–613. DOI: 10.1104/pp.94.2.607

24. Larbi, A., Abadía, A., Morales, F., Abadía, J. (2004). Fe resupply to Fe-deficient sugar beet plants leads to rapid changes in the violaxanthin cycle and other photosynthetic characteristics without significant de novo chlorophyll synthesis. Photosynthesis Research. no. 79(1), pp. 59–69. DOI: 10.1023/B:PRES.0000011919.35309.5e

25. Terry, N., Zayed, A.M. (1995). Physiology and biochemistry of leaves under iron deficiency. Iron Nutrition in Soils and Plants. Developments in Plant and Soil Sciences. Springer, Dordrecht, no. 59. DOI: 10.1007/978-94-011-0503-3_41

26. Kalaji, H.M., Rastogi, A., Zivcak, M. (2018). Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors. Photosynthetica. no. 56, pp. 953–961. DOI: 10.1007/s11099-018-0766-z

Functional status of the photosynthetic apparatus in chlorotic sugar beet leaves

Prysiazhniuk O., Maliarenko O., Cherniak M., Musich V., Voronenko O., Honcharuk O.

Yield and quality of sugar beet roots depend on the efficiency of the photosynthetic activity of the leaf apparatus, which is the main source of assimilates for sugar accumulation in the roots. Leaf chlorosis is a physiological disorder characterized by the loss of green color due to reduced chlorophyll content, leading to decreased crop productivity.

The aim of the study was to assess the functional state of the photosynthetic apparatus of sugar beet leaves exhibiting chlorosis symptoms using the chlorophyll fluorescence induction method (OJIP test) and to establish the relationship between chlorophyll fluorescence parameters, pigment content, and individual plant productivity.

Field experiments were conducted in the zone of unstable moisture in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine during 2023–2025. Chlorophyll fluorescence induction measurements were performed using a portable fluorometer «Floratest» on fully developed leaves from the middle canopy layer. Prior to measurement, leaves were dark-adapted for 30 minutes using special clips. OJIP curves were recorded under actinic light at an intensity of 3000 µmol photons m^{-2} s^{-1} for 1 s. The Fv/Fm parameter, which characterizes the maximum quantum yield of primary photochemical reactions in PSII, is the most informative indicator for assessing the functional state of the photosynthetic apparatus.

It was found that chlorotic (completely bleached) leaves were characterized by a substantial reduction in maximum fluorescence (Fm) by 57–81 % and variable fluorescence (Fv) by 60–86 % compared with normally colored leaves. The maximum quantum yield of PSII (Fv/Fm) in chlorotic leaves ranged from 0.50 to 0.91, compared with 0.96 in normal leaves, indicating a significant disruption of primary photochemical processes.

A strong correlation was revealed between chlorophyll content and fluorescence parameters (r = 0.97). Chlorotic plants formed roots with 45–78 % lower mass and 2.1–4.8 % lower sucrose content compared with healthy plants.

The OJIP test is an effective rapid method for diagnosing the functional state of the photosynthetic apparatus and predicting sugar beet productivity.

Key words: leaf chlorosis, chlorophyll fluorescence, OJIP test, Fv/Fm, photosystem II, productivity, sucrose content.

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

ORCID iD:
Присяжнюк О.І. https://orcid.org/0000-0002-4639-424X
Маляренко О.А. https://orcid.org/0000-0002-9309-4020
Черняк М.О. https://orcid.org/0009-0004-4718-5978
Мусіч В.В. https://orcid.org/0000-0001-5362-6750
Вороненко О.В. https://orcid.org/0000-0002-5022-8017
Гончарук О.М. https://orcid.org/0000-0002-7740-1334

АГРОНОМІЯ

УДК 633.63:631.559:631.582/.8

Врожайність буряків цукрових залежно від удобрення та структури сівозмін

Прокоп'юк Т.П., Лозінський М.В., Грабовський М.Б., Філіцька О.О., Самойлик М.О., Федорук Ю.В.

Білоцерківський національний аграрний університет

Прокоп'юк Т.П. E-mail: Simakovatanya@ukr.net

Прокоп'юк Т.П., Лозінський М.В., Грабовський М.Б., Філіцька О.О., Самойлик М.О., Федорук Ю.В. Врожайність буряків цукрових залежно від удобрення та структури сівозмін. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 159–166.

Prokopiuk T., Lozinskyi M., Hrabovskyi M., Filitska O., Samoilyk M., Fedoruk Yu. Sugar beet productivity depending on fertilization and crop rotation structure. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 159–166.

Рукопис отримано: 02.03.2026 р.
Прийнято: 17.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-159-166

ISSN 2310-9270

У зв'язку із збільшенням населення, несприятливим впливом на онтогенез польових культур глобальних кліматичних змін підвищується актуальність забезпечення зростання та стабільності виробництва сільськогосподарської продукції. Оптимізація систем удобрення та раціоналізація структури сівозмін є ключовими чинниками формування родючості ґрунту, підтримання стабільності ґрунтових процесів, а також створення сприятливих умов водного режиму і мінерального живлення рослин. Буряк цукровий є сівозмінотворною культурою, тому дослідження особливостей його удобрення та оптимізації сівозмін набуває важливого значення для досягнення високих стабільних показників урожайності і якості продукції.

Метою досліджень було встановлення впливу добрив і структури сівозмін на врожайність та винос елементів живлення буряком цукровим. У статті наведено урожайність буряків цукрових впродовж 2022–2024 рр. у плодозмінній, зернопросапній і просапній сівозмінах стаціонарного польового досліду Білоцерківської дослідно-селекційної станції, закладеному у 1976 році. У дослідах застосовували мінеральну та органо-мінеральні системи удобрення. Технологія вирощування сільськогосподарських культур – загальноприйнята для зони Правобережного Лісостепу України.

Представлено результати досліджень щодо впливу структури сівозмін і систем удобрення на врожайність буряків цукрових та винос елементів живлення із ґрунту. Встановлено, що у зернопросапній сівозміні за застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення досягли найвищої врожайності буряків цукрових, які найбільше виносять із ґрунту калію, що потребує підвищеної уваги до внесення калійних добрив. На контролі без добрив врожайність буряків цукрових була вищою у плодозмінній сівозміні, порівняно із зернопросапною – на 0,20 т/га, просапною – на 1,7 т/га. Найбільшу врожайність буряків цукрових у зернопросапній сівозміні забезпечило внесення $N_{53}P_{42}K_{42}$ + побічна продукція – 48,2 т/га, що перевищило контроль без добрив на 29,6 т/га. Зокрема у сівозмінах ефективною визначено традиційну органо-мінеральну систему удобрення ($N_{53}P_{42}K_{42}$ + 6,7 т г/га), за якої врожайність буряків цукрових становила: плодозмінна сівозміна – 46,2 т/га, зернопросапна – 42,2 т/га, перевищуючи контроль на 28,1; 26, 3 і 25,1 т/га відповідно. На контролі без добрив буряк цукровий виносив із ґрунту в досліджуваних сівозмінах: азоту на 68–74 кг/га, фосфору – 21–23 кг/га, калію – 82–89 кг/га. Застосування добрив збільшило винос азоту – на 56–114 кг/га, фосфору – 21–36 кг/га, калію – 78–138 кг/га.

Ключові слова: буряк цукровий, врожайність, елементи живлення, винос, добрива, сівозміна.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Буряк цукровий (*Beta vulgaris* L.) належить до родини *Chenopodiaceae*, і має велике народногосподарське значення як харчова стратегічна культура [1], оскільки коренеплоди містять високу концентрацію сахарози і використовуються для виготовлення цукру [2, 3], що забезпечує близько 30 % його світового виробництва. Крім цього, він є джерелом біоетанолу, біометану і кормів для тварин. Найважливішою агрономічною ознакою буряків, що використовують для виробництва цукру, є їх відновлювальна вихідна кількість цукру, яка здебільшого залежить від умов навколишнього середовища і генотипу [4].

В Україні виробництво цукру останніми десятиріччями перетворилося з експортно-стратегічної галузі економіки на дотаційну. Зокрема, посівні площі під буряками цукровими за 2000–2021 рр. зменшилися в 4,02 рази – з 855,6 тис. га у 2000 р. до 212,6 тис. га – 2021 р. [3] і 220,0 тис. га – 2023 р. [1]. Водночас валові збори коренеплодів зменшилися лише в 1,34 рази – із 13 198,8 тис. т у 2000 р. до 9 834,6 тис. т – 2021 р. Тобто завдяки збільшенню врожайності коренеплодів буряків цукрових спостерігається менш стрімке скорочення валових зборів, порівняно із площами посівів [3]. Однак, нераціональне використання ґрунтів, порушення сівозмін, скорочення площ під багаторічними травами і бобовими культурами, а також несприятливі кліматичні умови призводять до зниження родючості чорнозему [5]. Враховуючи наведене вище, постала потреба в удосконаленні технології вирощування буряків цукрових [6].

Буряк цукровий – дуже вимоглива до попередників культура, тому розміщення їх у сівозміні є вагомим чинником підвищення продуктивності. Виявлено, що буряки цукрові формують більші врожаї не лише у разі розміщення їх у сівозміні після кращих попередників, а також за умови достатнього забезпечення рослин вологою і елементами мінерального живлення, на чистих від бур'янів полях. В умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому встановлено, що за вирощування буряків цукрових після пшениці озимої, у 6–8-пільних сівозмінах, урожайність коренеплодів становила 50,86–53,21 т/га, а збір цукру – 13,5–13,7 т/га. Водночас буряки цукрові – важливий попередник для багатьох інших сільськогосподарських культур, забезпечуючи значне підвищення загальної продуктивності польових сівозмін [7].

У сучасних технологіях вирощування буряків цукрових застосування добрив забезпечує найбільший приріст урожайності серед усіх елементів технологій вирощування. За внесення добрив у ґрунті формується сприятливе середовище, підвищується вміст поживних речовин і створюються умови для достатнього мінерального живлення рослин [8]. Без застосування мінеральних чи органічних добрив уміст гумусу поступово знижується. Внесення органічних та органо-мінеральних добрив сприяє збільшенню чисельності мікроорганізмів, що беруть участь у синтезі гумусових речовин. Для підтримки високої біохімічної активності ґрунтів та їх біогенних властивостей, а отже, і для отримання стабільних урожаїв сільськогосподарських культур, рекомендується поєднання органічних і мінеральних добрив. Розкладання неспецифічних органічних сполук і синтез гумусових речовин прискорює систематичне внесення гною [9].

Встановлено, що за органо-мінеральної системи удобрення врожайність коренеплодів буряку цукрового в середньому за три роки становила 41,9–48,5 т/га і перевищила контроль на 9,2–15,8 т/га, залежно від доз добрив. Найбільша врожайність коренеплодів сформувалась за органо-мінеральної системи удобрення, де перевищення до контролю становило 13,2–20,4 т/га [10].

За останні два десятиліття застосування гною різко скоротилось. Зокрема, на один гектар ріллі сьогодні вносять лише 0,5–0,8 т гною, що у 15–20 разів менше, ніж у 1990 р. За таких умов висока врожайність сільськогосподарських культур досягається переважно за рахунок мінералізації гумусу та зменшення валових запасів елементів живлення у ґрунті. Таке виробництво є нестабільним і у недалекій перспективі призведе до зменшення врожайності польових культур. Основою стабільного вирощування буряків цукрових можуть стати альтернативні органо-мінеральні системи удобрення, де на добриво використовується побічна продукція сільськогосподарських культур та зелена маса проміжних сидератів. Поєднання зазначених органічних добрив та оптимізація доз внесення мінеральних добрив здатні забезпечити ґрунт необхідною кількістю органічної речовини та створити умови достатнього мінерального живлення для отримання високих врожаїв буряків цукрових [11].

За умов гострого дефіциту органічних добрив використання побічної продукції є ефективним агрохімічним заходом, здатним забезпечити високу врожайність польових

культур. Ефективність альтернативних органо-мінеральних систем удобрення залежить від інтенсивності процесів мінералізації органічної речовини в ґрунті, збалансованості поживного середовища за макро- і мікроелементами, їх спроможності забезпечити рослини елементами живлення в найкритичніші фази росту і розвитку. Поєднане внесення органічних і мінеральних добрив позитивно впливає на показники родючості ґрунту, наповнює його органічною речовиною, формує поліпшену агрономічну структуру ґрунту, зменшує непродуктивні втрати вологи, створює сприятливе трофічне середовище для ефективного використання елементів живлення рослинами [12]. Солома пшениці озимої – найбільш дешеве джерело органіки, яка за сприятливого поєднання з мінеральними добривами може бути ефективним засобом впливу на врожайність та технологічну якість коренеплодів буряків цукрових. За результатами досліджень М.С. Данюка [13], застосування соломи в поєднанні з мінеральними добривами $N_{90}P_{90}K_{90}$ сприяло зростанню врожайності коренеплодів до 49,9 т/га з перевищенням контролю без добрив на 8,7 т/га.

Удобрення буряків цукрових суттєво впливає на формування врожаю та якість коренеплодів. Азот як один з основних елементів живлення відіграє особливе значення для рослин, оскільки він є невід'ємною частиною білків, із яких утворюються протоплазма, клітини та рослинні тканини. Крім того, він є основним елементом для збільшення врожаю у рослинництві. Буряк цукровий потребує багато азоту, проте надмірна кількість азотних добрив негативно впливає на вміст мелясоутворювальних речовин і, насамперед, альфа-амінокислот [14].

Фосфор – складова частина нуклеотидів, нуклеїнових кислот, фітину, поліфосфатів, тобто сполук, що беруть участь у процесах дихання, фотосинтезу, біосинтезі складних вуглеводів [15]. Він має велике значення в енергетичному обміні, оскільки входить до складу сполук, які акумулюють багато енергії. Фосфор підвищує стійкість рослин до деяких грибкових захворювань. Буряки цукрові використовують фосфор рівномірно впродовж усієї вегетації [16].

Буряки цукрові нагромаджують багато вуглеводів, тому потребують великої кількості калію, який активує роботу ферментів, збільшує надходження води в клітини, підвищуючи посухостійкість рослин, регулює фотосинтетичну активність рослин через активізацію переносу фосфатних груп у процесі фотофосфорилювання. Вирощування буряків цукрових на високих фонах калійних добрив підвищує стійкість рослин до захворювань, сприяє нагромадженню у коренеплодах більшої кількості цукру [17]. Недостатність калію призводить до зменшення коренеплодів, зниження цукристості, втрати якості під час зберігання [18].

Інтенсивність використання поживних речовин із ґрунту визначається показником виносу елементів живлення врожаєм [19]. За різними джерелами, на формування 1 т основної продукції буряк цукровий сумарно виносить з ґрунту 4,7– 5,6 кг азоту, 1,7–2,1 кг фосфору, 6,0–7,0 кг калію [20–22].

За даними О.І. Присяжнюка, С.С. Шульги [23], буряки цукрові на формування врожаю коренеплодів витрачали 90,2 кг/га азоту, 15,1 кг/га фосфору та 75,6 кг/га калію. Застосування органічних добрив нової формуляції сприяло не лише формуванню високого врожаю коренеплодів буряків цукрових, а й значному виносу макроелементів із ґрунту. Зокрема, за внесення 400 кг/га Леонардиту з урожаєм виносилось 94,8 кг азоту, 16,1 кг фосфору і 79,9 кг/га калію, що перевищило неудобрений контроль на 17,1; 3,1 та 14,7 кг відповідно.

Мета дослідження – дослідити вплив добрив і структури сівозмін на врожайність та винос елементів живлення буряком цукровим.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. у стаціонарному польовому досліді Білоцерківської дослідно-селекційної станції, закладеному у 1976 році. Ґрунтова відміна – чорнозем вилугуваний середньосуглинковий, із вмістом в орному (0–30 см) шарі ґрунту гумусу – 3,1–3,3 % (за Тюріним); рухомого фосфору – 128–136 і калію 77–84 мг/кг ґрунту (за Чиріковим). Загальна площа ділянки – 228 м^2, облікова – 100 м^2, повторність триразова.

Досліджували буряк цукровий у трьох сівозмінах: плодозмінна з чергуванням культур: вико-овес, пшениця озима, буряки цукрові, ячмінь ярий з підсівом конюшини, конюшина, пшениця озима; зернопросапна: вико-овес, пшениця озима, буряки цукрові, ячмінь ярий, вика яра, пшениця озима; просапна: вико-овес, пшениця озима, буряки цукрові, ячмінь ярий, соя, соняшник. Технологія вирощування сільськогосподарських культур – загальноприйнята для зони Правобережного Лісостепу України.

У дослідах застосовували мінеральну та органо-мінеральну системи удобрення. Під оранку вносили азотні добрива у формі сечовини $CO(NH_2)_2$, фосфорні – простого суперфосфату $H_6CaO_8P_2^{2+}$, калійні – калію

хлористого KCl. З органічних добрив застосовували напіврозкладений гній ВРХ і побічну продукцію сільськогосподарських культур.

Винос елементів живлення визначали розрахунковим методом із використанням усереднених даних їх вмісту у складових урожаю сільськогосподарських культур, отриманих експериментальним способом.

Результати дослідження та обговорення. Буряки цукрові є надзвичайно чутливими до дефіциту елементів живлення у ґрунті, а рівень їх фактичної врожайності відображає стан як природної, так і ефективної родючості ґрунту. Проведені нами дослідження у зерно-бурякових сівозмінах різної структури, засвідчили значну диференціацію врожайності буряків, залежно від системи удобрення та типу сівозміни. У контрольному варіанті, де впродовж 50 років не застосовували добрив, урожайність коренеплодів була низька і становила у плодозмінній сівозміні – 18,8 т/га, зернопросапній – 18,6 т/га, просапній – 17,1 т/га. Збільшення частки просапних культур у сівозміні призвело до зниження урожайності буряків цукрових на 0,2 і 1,7 т/га (табл. 1).

Застосування мінеральних добрив $N_{53}P_{42}K_{42}$ сприяло збагаченню ґрунту поживними елементами і забезпечило зростання урожайності буряків цукрових. Зокрема, у порівнянні з контролем без добрив, урожайність коренеплодів за мінеральної системи удобрення збільшилася у: плодозмінній сівозміні на 20,5 т/га, зерно-просапній – на 17,3 т/га, за абсолютних показників 39,3 та 35,9 т/га відповідно. Включення багаторічних бобових трав у плодозмінну сівозміну створювало більш сприятливий азотний фон, покращуючи живлення рослин, і забезпечило приріст урожайності буряків цукрових на 3,4 т/га, порівняно із зернопросапною.

Найбільшу врожайність буряків цукрових досягли за традиційної системи удобрення $N_{53}P_{42}K_{42}$ у поєднанні з 6,7 т/га гною. За такої системи удобрення врожайність у плодозмінній сівозміні становила 46,9 т/га, зернопросапній – 44,9 т/га, просапній – 42,2 т/га, перевищуючи контроль на 28,1; 26,3 та 25,1 т/га відповідно.

За тривалого застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення $N_{53}P_{42}K_{42}$ + побічна продукція врожайність коренеплодів у плодозмінній сівозміні становила 41,7 т/га, зернопросапній – 48,2 т/га, просапній – 38,8 т/га, перевищуючи контроль на 22,9; 29,6 і 21,7 т/га відповідно. Найбільша врожайність сформувалась у зернопросапній сівозміні, перевищивши показники плодозмінної на 6,5 т/га і просапної – 9,4 т/га. На нашу думку, більший обсяг надходження органічної речовини з побічною продукцією та ефективна рециркуляція елементів живлення у зернопросапній сівозміні створили більш оптимальні умови для формування урожайності буряків цукрових.

У разі залишення побічної продукції сільськогосподарських культур на полі, винос елементів живлення із ґрунту розраховується на товарний врожай. На контролі без добрив буряк цукровий виносив із ґрунту: азоту – 68–74 кг/га; фосфору – 21–23 кг/га; калію – 82–89 кг/га. Встановлено, що винос рослинами калію переважав азотне споживання у 1,20–1,22 рази, а фосфорне – 3,87–3,90 рази. Калій є ключовим елементом для формування коренеплодів, накопичення цукру і регуляції водного балансу. За достатнього забезпечення калієм буряк цукровий формує глибоку і розгалужену кореневу систему, через яку активно використовує калій, навіть, із важкодоступних форм. У просапній сівозміні винос калію був менший на 7 кг/га ніж у плодозмінній і зернопросапній, що було спричинено меншою врожайністю коренеплодів (табл. 2).

Таблиця 1 – **Врожайність** (т/га) **буряків цукрових, залежно від структури сівозміни і удобрення,** середнє за 2022–2024 рр.

Внесено добрив, кг/га сівозміни (фактор Б)	Урожайність, т/га		
	Сівозміна (фактор А)		
	плодозмінна	зернопросапна	просапна
Без добрив (контроль)	18,8	18,6	17,1
$N_{53}P_{42}K_{42}$	39,3	35,9	-
$N_{53}P_{42}K_{42}$ + 6,7 т/га напіврозкладеного гною ВРХ	46,9	44,9	42,2
$N_{53}P_{42}K_{42}$+ побічна продукція	41,7	48,2	38,8
$НІР_{05}$ (фактор А)	0,72		
$НІР_{05}$ (фактор Б)	0,83		
$НІР_{05}$ (фактор А+Б)	1,43		

Таблиця 2 – **Винос елементів живлення (кг/га) товарним врожаєм буряку цукрового, залежно від сівозміни і удобрення,** середнє за 2022–2024 рр.

Внесено добрив, кг на 1 га сівозміни, (фактор Б)	Елементи живлення	Сівозміна (фактор А)		
		плодозмінна	зернопросапна	просапна
Без добрив (контроль)	N	74	73	68
	P	23	23	21
	K	89	89	82
$N_{53}P_{42}K_{42}$	N	155	139	-
	P	49	44	-
	K	187	167	-
$N_{53}P_{42}K_{42}$ + 6,7 т/га напіврозкладеного гною ВРХ	N	188	176	164
	P	59	55	52
	K	227	212	198
$N_{53}P_{42}K_{42}$+ побічна продукція	N	166	184	157
	P	52	58	49
	K	201	221	188

За внесення мінеральних добрив $N_{53}P_{42}K_{42}$ обсяги виносу азоту, порівняно з контролем, у плодозмінній і зернопросапній сівозмінах, зросли на 81 і 66 кг/га, фосфору – 26 і 21, калію – 98 і 78 кг/га відповідно. У складі виносу елементів живлення аналогічно, як на варіанті без удобрення, значно переважав калій, найбільший винос якого виявили у плодозмінній сівозміні – 187 кг/га.

Максимальний винос елементів живлення із ґрунту встановили у плодозмінній сівозміні за внесення $N_{53}P_{42}K_{42}$ + 6,7 т/га гною: азоту – 188, фосфору – 59 , калію – 227 кг/га. У зернопросапній та просапній сівозмінах винос азоту був меншим ніж у плодозмінній – на 12 і 24 кг/га, фосфору – 4 і 7 кг/га, калію – 15 і 29 кг/га відповідно.

Також значні обсяги виносу елементів живлення з перевагою споживання калію виявили за альтернативної органо-мінеральної системи удобрення $N_{53}P_{42}K_{42}$ + побічна продукція: азоту 157–184 кг/га, фосфору – 49–58, калію – 188–221 кг/га. У зернопросапній сівозміні винос елементів живлення був більшим, ніж у плодозмінній і просапній на: азоту – 18 і 27 кг/га, фосфору – 6 і 9 кг/га, калію – 20 і 33 кг/га відповідно.

Отже, максимальна врожайність буряків цукрових (48,2 т/га) формувалась у зернопросапній сівозміні за альтернативної органо-мінеральної системи удобрення. Також високі показники врожайності буряків цукрових (46,9 т/га) спостерігали у плодозмінній сівозміні за традиційної органо-мінеральної системи удобрення $N_{53}P_{42}K_{42}$ +6,7 т/га напіврозкладеного ВРХ гною.

В умовах Веселоподільської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН максимальну урожайність буряків цукрових – 4,97 т/га отримали у плодозмінній сівозміні за внесення на 1 га ріллі 6,25 т гною + $N_{45}P_{60}K_{45}$ [24].

Висновки. Вирощування буряків цукрових у плодозмінній сівозміні визначено значно продуктивнішим, ніж у зерно-просапній та просапній. Зокрема, на контролі без добрив врожайність була вищою у плодозмінній сівозміні, порівняно із зернопросапною – на 0,20 т/га, а просапною – на 1,7 т/га.

Найбільшу врожайність буряків цукрових у зернопросапній сівозміні забезпечило внесення $N_{53}P_{42}K_{42}$ + побічна продукція на 1 га ріллі – 48,2 т/га, перевищивши контроль без добрив на 29,6 т/га. Також у розрізі сівозмін ефективною визначено традиційну органо-мінеральну систему удобрення ($N_{53}P_{42}K_{42}$ + 6,7 т гною/га), за якої врожайність буряків цукрових становила: плодозмінна сівозміна – 46,2 т/га, зернопросапна – 44,9; просапна – 42,2 т/га, з перевищенням контролю без добрив на 28,1 т/га; 26,3 і 25,1 т/га відповідно.

Буряк цукровий із товарним урожаєм на контролі без добрив виносив із ґрунту азоту у розрізі сівозмін 68–74 кг/га, фосфору – 21–23, калію – 82– 89 кг/га. Застосування добрив збільшило винос азоту – на 56–114 кг/га, фосфору – 21–36, калію – 78–138 кг/га.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Drobitko A., Sharata N., Markova N., Kachanova T. The influence of different fertilization regimes on the yield and nutrient content of the sugar beet crop. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26. No 11. P. 134–144. DOI: 10.48077/scihor11.2023.134

2. Sugar beet cultivation in the tropics and subtropics: challenges and opportunities / M. Tayyab et al. Agronomy. 2023. Vol. 13. No 5. 1213 p. DOI: 10.3390/agronomy13051213

3. Потапов А.В., Грабовський М.Б. Формування врожайності та технологічних показників якості буряків цукрових залежно від систем фунгіцидного захисту та мікродобрив. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. № 38. С. 40–50. DOI: 10.37406/2706-9052-2023-1.6

4. Potassium deficiency reduces sugar yield in sugar beet through decreased growth of young plants / H. Füllgrabe et al. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2022. Vol. 185. No 5. P. 545–553. DOI: 10.1002/jpln.202200064

5. Better management of soil fertility in the southern steppe zone of Ukraine / V. Gamajunova et al. Soils under stress: more work for soil science in Ukraine. 2021. P. 163–171. DOI: 10.1007/978-3-030-68394-8_16

6. Господаренко Г.М., Мартинюк А.Т. Водоутримувальна здатність буряку цукрового залежно від удобрення. Збірник наукових праць Уманського національного університету. 2020. № 1. С. 72–81. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-72-81.

7. Гангур В.В., Філоненко В.С. Урожайність та якість коренеплодів буряків цукрових за вирощування у сівозмінах з короткою ротацією. Scientific Progress & Innovations. 2023. № 26 (3). С. 22–25. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.04

8. Іваніна В., Поплавський В. Вплив соломи та глибини обробітку ґрунту на вологозабезпечення та врожайність буряків цукрових. Вісник аграрної науки. 2025. Т. 103. № 12. С. 5–11. DOI: 10.31073/agrovisnyk202512-01

9. Сиромятников Ю. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового. Вісник аграрної науки. 2023. № 101 (11). С. 60–66. DOI: 10.31073/agrovisnyk202311-08

10. Мартинюк А.Т., Господаренко Г.М., Любич В.В., Стасінєвич О.Ю. Формування площі листкової поверхні та врожайності буряку цукрового залежно від удобрення в Правобережному Лісостепу. Збірник наукових праць Уманського національного університету. 2024. № 104 (1). С. 249–257. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-257-265

11. Іваніна В.В., Гурська В.М. Вплив традиційних та альтернативних систем удобрення на продуктивність буряків цукрових. Новітні агротехнології. 2024. Т. 12. № 1. DOI: 10.47414/na.12.1.2024.296414

12. Іваніна В., Данюк М. Вплив альтернативних систем удобрення на фонд мінерального азоту ґрунту та продуктивність буряків цукрових. Вісник аграрної науки. 2022. Т. 100. № 10. С. 5–11. DOI: 10.31073/agrovisnyk202210-01

13. Данюк М.С. Альтернатива удобрення – запорука сталих врожаїв буряків цукрових. Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: матеріали III міжнародної наукової інтернет-конференції. Київ : НУБіП України, 2021. С. 89–90.

14. Efficiency and management of nitrogen fertilization in sugar beet as spring crop: a review / I. Varga et al. Nitrogen. 2022. No 3 (2). P. 170–185. DOI: 10.3390/nitrogen3020013

15. The Role of phosphorus-potassium nutrition in synchronizing flowering and accelerating generation turnover in sugar beet / A.Y. Kroupina et al. International Journal of Plant Biology. 2026. No 17 (1). 5 p. DOI: 10.3390/ijpb17010005

16. Ali A.M., Mahdy A.Y., Al-Sayed H.M., Bayomi K.M. Phosphorus sources and sheep manure fertilization for soil properties enhancement and sugar beet yield. Gesunde Pflanzen. 2023. Vol. 75. No 6. P. 2785–2795. DOI: 10.1007/s10343-023-00908-2

17. Potassium determines sugar beets' yield and sugar content under drip irrigation condition / X. Xie et al. Sustainability. 2022. Vol. 14. No 9. 12520 p. DOI: 10.3390/su141912520

18. Іваніна В.В., Табачук О.О. Продуктивність буряка цукрового за альтернативного органо-мінерального удобрення. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2023. № 3. С. 29–36. DOI: 10.54651/agri.2023.03.04

19. Горлінський О. Вплив системи удобрення на урожайність буряку цукрового. Збірник студентських наукових праць. Сільськогосподарські науки. 2022. № 3 (7). С. 59–64.

20. Лук'янюк М.О., Барановський О.М., Бобер О.В. Азот для цукрових буряків. Агроном. 2021. № 11. URL: https://www.agronom.com.ua/azot-dlya-tsukrovyh-buryakiv/

21. Господаренко Г.М., Мартинюк А.Т., Любич В.В. Формування продуктивності буряку цукрового за різного удобрення на чорноземі опідзоленому. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2023. Вип. 101. Ч. 1. С. 46–55. DOI: 10.32782/2415-8240-2022-101-1-46-55.

22. Іваніна В.В., Табачук О.О. Винос та баланс елементів живлення в агроценозі буряків цукрових за біологізації та осучаснення систем удобрення. Новітні агротехнології. 2023. Т. 11. № 1. DOI: 10.47414/na.11.1.2023.284671

23. Присяжнюк О.І., Шульга С.С. Оцінка засвоєння буряками цукровими елементів живлення як фактору реалізації біологічного потенціалу культури. Новітні агротехнології. 2023. Т. 11. № 2. DOI: 10.47414/na.11.2.2023.285908

24. Тищенко М.В., Філоненко С.В. Вплив системи удобрення цукрових буряків на продуктивність короткоротаційної плодозмінної сівозміни. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 3. С. 11–17. DOI: 10.31210/visnyk2019.03.01

REFERENCES

1. Drobitko, A., Sharata, N., Markova, N., Kachanova, T. (2023). The influence of different fertilization regimes on the yield and nutrient content of the sugar beet crop. Scientific Horizons. Vol. 26, no. 11, pp. 134–144. DOI: 10.48077/scihor11.2023.134

2. Tayyab, M., Wakeel, A., Mubarak, M.U., Artyszak, A., Ali, S., Hakki, E.E., Ishfaq, M. (2023). Sugar beet cultivation in the tropics and subtropics: challenges and opportunities. Agronomy. Vol. 13, no. 5, 1213 p. DOI: 10.3390/agronomy13051213

3. Potapov, A.V., Hrabovskyi, M.B. (2023). Formuvannia vrozhainosti ta tekhnolohichnykh pokaznykiv yakosti buriakiv tsukrovykh zalezhno vid system funhitsydnoho zakhystu ta mikrodobryv [Formation of yield and technological quality indicators of sugar beet depends on fungicide protection systems and microfertilizer]. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika [Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics]. no. 38, pp. 40–50. DOI: 10.37406/2706-9052-2023-1.6

4. Füllgrabe, H., Claassen, N., Hilmer, R., Koch, H.J., Dittert, K., Kreszies, T. (2022). Potassium deficiency reduces sugar yield in sugar beet through decreased growth of young plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. Vol. 185, no. 5, pp. 545–553. DOI: 10.1002/jpln.202200064

5. Gamajunova, V., Panfilova, A., Kovalenko, O., Khonenko, L., Baklanova, T., Sydiakina, O. (2021). Better management of soil fertility in the southern steppe zone of Ukraine. Soils under stress: more work for soil science in Ukraine. pp. 163–171. DOI: 10.1007/978-3-030-68394-8_16

6. Hospodarenko, H.M., Martyniuk, A.T. (2020). Vodoutrymuvalna zdanist buriaku tsukrovoho zalezhno vid udobrennia [Water-holding capacity of sugar beet depending on fertilizers]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu [Collected Works of Uman National University of Horticulture]. no. 1, pp. 72–81. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-72-81.

7. Hanhur, V.V., Filonenko, V.S. (2023). Urozhainist ta yakist koreneplodiv buriakiv tsukrovykh za vyroshchuvannia u sivozminakh z korotkoiu rotatsiieiu [Yield and quality of root fruits of sugar beet when grown in crop rotation with short rotation]. Scientific Progress & Innovations. no. 26 (3), pp. 22–25. DOI: 10.31210/spi2023.26.03.04

8. Ivanina, V., Poplavskyi, V. (2025). Vplyv solomy ta hlybyny obrobitku gruntu na volohozabezpechennia ta vrozhainist buriakiv tsukrovykh [The influence of straw and soil cultivation depth on water supply and sugar beet yield]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. Vol. 103, no. 12, pp. 5–11. DOI: 10.31073/agrovisnyk202512-01

9. Syromiatnykov, Yu. (2023). Vplyv tekhnolohichnykh zakhodiv na strukturno-ahrehatnyi sklad gruntu pry vyroshchuvanni buriaku tsukrovoho [The influence of technological measures on the structural and aggregate composition of the soil during the cultivation of sugar beet]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 101 (11), pp. 60–66. DOI: 10.31073/agrovisnyk202311-08

10. Martyniuk, A.T., Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V., Stasinievych, O.Yu. (2024). Formuvannia ploshchi lystkovoi poverkhni ta vrozhainosti buriaku tsukrovoho zalezhno vid udobrennia v Pravoberezhnomu Lisostepu [Leaf area development and sugar beet yield under fertilization in the Right-Bank Forest-Steppe]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu [Collected Works of Uman National University of Horticulture]. no. 104 (1), pp. 249–257. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-104-1-257-265

11. Ivanina, V.V., Hurska, V.M. (2024). Vplyv tradytsiinykh ta alternatyvnykh system udobrennia na produktyvnist buriakiv tsukrovykh [The influence of traditional and alternative fertilization systems on the productivity of sugar beet]. Novitni ahrotekhnolohii [Advanced Agritechnologies]. Vol. 12, no. 1. DOI: 10.47414/na.12.1.2024.296414

12. Ivanina, V., Daniuk, M. (2022). Vplyv alternatyvnykh system udobrennia na fond mineralnoho azotu gruntu ta produktyvnist buriakiv tsukrovykh [Influence of alternative fertilizer systems on the mineral nitrogen fund of the soil and the productivity of sugar beet]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. Vol. 100, no. 10, pp. 5–11. DOI: 10.31073/agrovisnyk202210-01

13. Daniuk, M.S. (2021). Alternatyva udobrennia – zaporuka stalykh vrozhaiv buriakiv tsukrovykh [Alternative fertilisation – the key to stable sugar beet yields]. Tendentsii ta vyklyky suchasnoi ahrarnoi nauky: teoriia i praktyka [Trends and challenges of modern agricultural science: theory and practice]. Kyiv, NUBIP, pp. 89–90.

14. Varga, I., Jović, J., Rastija, M., Markulj Kulundžić, A., Zebec, V., Lončarić, Z., Antunović, M. (2022). Efficiency and management of nitrogen fertilization in sugar beet as spring crop: a review. Nitrogen. no. 3 (2), pp. 170–185. DOI: 10.3390/nitrogen3020013

15. Kroupina, A.Y., Kroupin, P.Y., Polyakova, M.N., Alkubesi, M., Ulyanova, A.A., Ulyanov, D.S., Divashuk, M.G. (2026). The Role of phosphorus-potassium nutrition in synchronizing flowering and accelerating generation turnover in sugar beet. International Journal of Plant Biology. no. 17 (1), 5 p. DOI: 10.3390/ijpb17010005

16. Ali, A.M., Mahdy, A.Y., Al-Sayed, H.M., Bayomi, K.M. (2023). Phosphorus sources and sheep manure fertilization for soil properties enhancement and sugar beet yield. Gesunde Pflanzen. Vol. 75, no. 6, pp. 2785–2795. DOI: 10.1007/s10343-023-00908-2

17. Xie, X., Zhu, Q., Xu, Y., Ma, X., Ding, F., Li, G. (2022). Potassium determines sugar beets' yield and sugar content under drip irrigation condition. Sustainability. Vol. 14, no. 9, pp. 12520. DOI: 10.3390/su141912520

18. Ivanina, V.V., Tabachuk, O.O. (2023). Produktyvnist buriaka tsukrovoho za alternatyvnoho orhano-mineralnoho udobrennia [Productivity of sugar beet under alternative organic-mineral fertilization]. Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka [Agriculture and plant sciences: theory and practice]. no. 3, pp. 29–36. DOI: 10.54651/agri.2023.03.04

19. Horlinskyi, O. (2022). Vplyv systemy udobrennia na urozhainist buriaku tsukrovoho [The impact

of fertilisation systems on sugar beet yields]. Zbirnyk studentskykh naukovykh prats. Silskohospodarski nauky [Collection of student research papers. Agricultural sciences]. no. 3(7), pp. 59–64.

20. Lukianiuk, M.O., Baranovskyi, O.M., Bober, O.V. (2021). Azot dlia tsukrovykh buriakiv [Nitrogen for sugar beet]. Ahronom [Agronomist]. no. 11. Available at: https://www.agronom.com.ua/azot-dlya-tsukrovyh-buryakiv/

21. Hospodarenko, H.M., Martyniuk, A.T., Liubych, V.V. (2023). Formuvannia produktyvnosti buriaku tsukrovoho za riznoho udobrennia na chornozemi opidzolenomu [Formation of sugar beet productivity on podzolic black soil under different fertilizers]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu [Collected Works of Uman National University of Horticulture]. Vol. 101, no. 1, pp. 46–55. DOI: 10.32782/2415-8240-2022-101-1-46-55.

22. Ivanina, V.V., Tabachuk, O.O. (2023). Vynos ta balans elementiv zhyvlennia v ahrotsenozi buriakiv tsukrovykh za biolohizatsii ta osuchasnennia system udobrennia [Removal and balance of nutrients in the agrocenosis of sugar beet under biologization and modernization of the fertilization system]. Novitni ahrotekhnolohii [Advanced Agritechnologies]. Vol. 11, no. 1. DOI: 10.47414/na.11.1.2023.284671

23. Prysiazhniuk, O.I., Shulha, S.S. (2023). Otsinka zasvoiennia buriakamy tsukrovymy elementiv zhyvlennia yak faktoru realizatsii biolohichnoho potentsialu kultury [Assessment of nutrient uptake by sugar beet as a factor of the crop biological potential realization]. Novitni ahrotekhnolohii [Advanced Agritechnologies]. Vol. 11, no. 2. DOI: 10.47414/na.11.2.2023.285908

24. Tyshchenko, M.V., Filonenko, S.V. (2019). Vplyv systemy udobrennia tsukrovykh buriakiv na produktyvnist korotkorotatsiinoi plodozminnoi sivozminy [The influence of sugar beet fertilization system on the productivity of short-term rotation of crop succession]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Scientific Progress & Innovations]. no. 3, pp. 11–17. DOI: 10.31210/visnyk2019.03.01

Sugar beet productivity depending on fertilization and crop rotation structure

Prokopiuk T., Lozinskyi M., Hrabovskyi M., Filitska O., Samoilyk M., Fedoruk Yu.

Due to population growth and the adverse impact of global climate change on crop ontogenesis, ensuring the growth and stability of agricultural production is becoming increasingly important. Optimization of fertilization systems and rational crop rotation design are key factors in maintaining soil fertility, ensuring the stability of soil processes, and creating favorable conditions for plant water regime and mineral nutrition. Sugar beet is a rotation-dependent crop; therefore, research into its fertilization requirements and crop rotation optimization is essential for achieving high and stable yields and product quality.

The aim of the study was to determine the effect of fertilizers and crop rotation structure on sugar beet yield and nutrient uptake. The article presents sugar beet yields for 2022–2024 in crop rotation, grain-row, and row crop systems in a long-term stationary field experiment at the Bila Tserkva Research and Breeding Station, established in 1976. Mineral and organo-mineral fertilization systems were applied. Crop management practices were generally accepted for the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine.

The results demonstrate the influence of crop rotation structure and fertilization systems on sugar beet yield and nutrient removal from the soil. It was found that in grain-row crop rotation, the use of an alternative organo-mineral fertilization system resulted in the highest sugar beet yields and the greatest potassium removal from the soil, indicating the need for increased attention to potassium fertilization.

In the control (no fertilizers), sugar beet yield was higher in crop rotation compared to grain-row crop rotation by 0.20 t/ha and compared to row crop rotation by 1.7 t/ha. The highest yield in grain-row crop rotation was obtained with $N_{53}P_{42}K_{42}$ + by-products (48.2 t/ha), exceeding the control by 29.6 t/ha.

At the same time, the traditional organo-mineral fertilization system ($N_{53}P_{42}K_{42}$ + 6.7 t/ha of organic matter) proved effective across crop rotations, ensuring sugar beet yields of 46.2 t/ha in crop rotation and 42.2 t/ha in grain-row crop rotation, exceeding the control by 28.1, 26.3, and 25.1 t/ha, respectively.

In the unfertilized control, sugar beet removed from the soil in the studied crop rotations: 68–74 kg/ha of nitrogen, 21–23 kg/ha of phosphorus and 82–89 kg/ha of potassium. The application of fertilizers increased nutrient removal by 56–114 kg/ha for nitrogen, 21–36 kg/ha for phosphorus, and 78–138 kg/ha for potassium.

Key words: sugar beet, yield, nutrients, removal, fertilisers, crop rotation.

Copyright: Прокоп'юк 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:
Прокоп'юк Т.П. https://orcid.org/0009-0005-7008-1656
Лозінський М.В. https://orcid.org/0000-0002-6078-3209
Грабовський М.Б. https://orcid.org/0000-0002-8494-7896
Філіцька О.О. https://orcid.org/0000-0003-1544-0845
Самойлик М.О. https://orcid.org/0000-0001-8576-5368
Федорук Ю.В. https://orcid.org/0000-0003-3921-7955

АГРОНОМІЯ

УДК 633.15[631.527.5/.559:631.84+551.515]

Урожайність зерна і побічної продукції гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від впливу позакореневих підживлень та погодних умов

Стороженко В.О.

Державний біотехнологічний університет

Стороженко В.О. E-mail: vladstorozhenko@ukr.net

Стороженко В.О. Урожайність зерна і побічної продукції гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від впливу позакореневих підживлень та погодних умов. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 167–176.

Storozhenko V. Grain and by-product yields of corn hybrids from different maturity groups depending on the effects of foliar fertilization and weather conditions. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 167–176.

Рукопис отримано: 11.03.2026 р.
Прийнято: 26.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-167-176

ISSN 2310-9270

У статті наведено результати дворічних досліджень щодо впливу позакореневих підживлень різними сполученнями комплексних водорозчинних добрив і антистресантів на врожайність зерна, масу побічної продукції та індекс урожайності гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Правобережного Лісостепу України. Дослідження проводили впродовж 2024, 2025 рр. на базі СФГ «Горизонт-2» Білоцерківського району Київської області.

Дослід закладали методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку були три гібриди соняшнику різних груп стиглості: 1 – Р 7818 (ФАО 240); 2 – ДКС3730 (ФАО 280) і 3 – ДКС4541 (ФАО 380). Ділянками другого порядку були сім варіантів позакореневих підживлень розчинами на основі різних видів комплексних, водорозчинних добрив з антистресантом. Підживлення проводили під час 14–16 і 16–18 мікрофаз за міжнародною шкалою ВВСН. Площа посівної ділянки – 140 м^2, облікової – 100 м^2.

Найвищу врожайність зерна і масу побічної продукції кукурудзи забезпечував варіант із двома позакореневими підживленнями посівів – під час 14–16 і 16–18 мікрофаз сполученням карбаміду (N_{10}), комплексного добрива Nanovit (кукурудза) у дозі 1,5 л/га, антистресанту Квантум АміноМакс у дозі 1,0 л/га і цинкового добрива Partner (у перше підживлення) у дозі 1,0 л/га. У цьому варіанті врожайність зерна гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у середньому за два роки досліджень становила 5,36, 5,79 і 6,63 т/га відповідно. Додавання до бакового розчину препаратів під час другого позакореневого підживлення цинкового добрива Partner не забезпечувало подальшого підвищення врожайності зерна і маси побічної продукції.

Проведення двох позакореневих підживлень усіма досліджуваними сполученнями препаратів приводило до зниження індексу врожайності, що свідчить про більш інтенсивне наростання вегетативної маси рослин, приріст якої випереджає приріс урожайності зерна. У середньому за роками, у варіанті з двома позакореневими підживленнями посівів сполученням усіх продуктів, індекс урожайності гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 становив 0,390; 0,388 і 0,379 одиниць, що на 2,7; 2,0 і 2,5 % відповідно менше, ніж на контролі.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, комплексні добрива, антистресанти, позакореневе підживлення, урожайність зерна, індекс урожайності.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Серед усіх зернових культур, кукурудза має найвищий генетичний потенціал продуктивності. Переконливим свідченням цьому є її світовий рекорд урожайності зерна, який наразі становить 39,14 т/га [1]. Його встановив американський фермер Девід Гула в 2019 р. Такий високий результат отримано на високоврожайному гібриді кукурудзи на високому агрофоні за сприятливих погодних умов.

На сьогодні кукурудза є єдиною в світі сільськогосподарською культурою щорічні валові збори якої перевищують 1,0 млрд т. Такий високий рівень валових зборів досягається як завдяки великій посівній площі – понад 150 млн т, так і через достатньо високу середню врожайність зерна. У майбутній перспективі цій культурі також прогнозують провідну роль, оскільки у світі спостерігається збільшення попиту на зерно кукурудзи [2].

Сучасні гібриди кукурудзи характеризуються високим потенціалом продуктивності, водночас, вони дуже вимогливі до технології вирощування та періоду проведення операцій по догляду за посівами. Відхилення елементів технологій вирощування в бік від оптимальних, як і несприятливі погодні умови, сильно обмежують рівень розкриття генетичного потенціалу цієї культури [3].

Ефективність вирощування кукурудзи значною мірою залежить від наявності поживних елементів та управління фізіологічними процесами, що відбуваються в рослинах. Використання мікроелементів, стимуляторів росту та антистресантів є важливим фактором для оптимізації росту рослин, підвищення їхньої стійкості до абіотичних стресів та приросту врожайності [4–6].

Дефіцит мікроелементів гальмує ростові процеси, призводить до зменшення ефективності фотосинтезу та зниження врожайності. Зокрема, будь-який елемент, якого найбільше потребують рослини, виступає лімітуючим фактором розкриття генетичного потенціалу посівів [7].

Останнім часом все більшої популярності набуває проведення позакореневих підживлень посівів розчинами на основі збалансованого набору хелатних форм мікроелементів, стимуляторів росту та антистресантів. Позакореневе внесення мікроелементів швидко усуває їхній дефіцит, що дуже важливо, насамперед, у критичні фази росту і розвитку [8, 9]. Водночас, вони є екологічно безпечними для навколишнього середовища та здоров'я людини [10].

Покривні тканини листка мають таку саму морфологічну структуру, що і тканини кореня, саме цим пояснюється здатність рослин швидко засвоювати поживні елементи [11], через що нестачу певних елементів живлення в ґрунті можна швидко компенсувати за проведення листкових підживлень [12]. Зокрема, амідний азот потрапляє в рослину крізь поверхню листка і починає працювати вже через пів години. Відмічається, що навіть незначна кількість елементів живлення нанесених на поверхню рослин демонструє високу ефективність [13].

Позакореневі підживлення розчинами на основі мікроелементів є дієвим способом для швидкого виведення рослин із стресового стану [14]. Відмічається, що в посушливих умовах ефективність позакореневих підживлень є значно вищою, ніж внесення добрив у ґрунт [15].

Відмічаючи беззаперечні переваги позакореневих підживлень, варто знати і про їхні побічні дії. Однією з них є так званий «позакореневий опік», який може виникати в результаті надмірних доз добрив, внесення їх поза рекомендованої фази, а також за несприятливих погодних умов [16]. Систематичне внесення сірки за вирощування кукурудзи в монокультурі призводило до зменшення вмісту цинку та марганцю в ґрунті, що свідчить про необхідність збалансованого підходу під час складання системи живлення посівів [17].

Загалом, аналіз наукових матеріалів свідчить про високу ефективність системи живлення, зокрема позакореневого підживлення, для стимуляції росту, розвитку та підвищення врожайності зерна і вегетативної маси рослин кукурудзи. Однак залишається нез'ясованим ряд аспектів, зокрема ефективність бакових сумішей різних препаратів для корекції дефіциту мікроелементів та зменшення стресів, кратність позакореневих підживлень, реакція на них гібридів з різним морфо-біотипом, а також їх ефективність за різних погодних умов.

Отже, актуальними є дослідження спрямовані на оптимізацію складових системи живлення і визначення їх впливу на ростові процеси, врожайність зерна та побічної продукції посівів кукурудзи з урахуванням морфобіотипу її гібридів і погодних умов вегетації.

З огляду на це, **метою** проведених досліджень було визначення впливу позакореневих підживлень різними сполученнями комплексних водорозчинних добрив і антистресантів, на врожайність зерна і побічної продукції, а також на індекс урожайності

гібридів кукурудзи з різною тривалістю вегетації в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили протягом 2024 і 2025 рр. на базі СФГ «Горизонт-2» Білоцерківського району Київської області на чорноземі глибокому, середньо-суглинковому на лесовидному суглинку.

Погодні умови вегетації посівів кукурудзи суттєво відрізнялися як від показників кліматичної норми, так і між собою. Як наслідок, урожайність зерна та побічної продукції за роками досліджень досить сильно різнилися. Більш сприятливі погодні умови для рослин кукурудзи були у 2025 р., оскільки в цей рік кількість опадів і температурний режим були майже на рівні кліматичної норми. Крім того, у критичні етапи росту рослин опадів було достатньо для їх нормального росту. Умови вегетації кукурудзи у 2024 р., особливо в літній період, були дуже посушливі, до того ж, негативний вплив дефіциту вологи посилювався високими температурами, які у середині липня сягали 36 °С. Водночас, контрастність погодних умов дозволила краще оцінити різні варіанти позакореневих підживлень та їхній вплив на врожайність зерна і побічної продукції кукурудзи.

Двофакторний польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях. Ділянками першого порядку (фактор *A*) слугували три гібриди кукурудзи: ранньостиглий Р7818 (ФАО 240); середньоранній ДКС 3730 (ФАО 280) і середньостиглий ДКС 4541 (ФАО 380). Ділянками другого порядку (фактор *B*) були сім варіантів позакореневих підживлень розчинами на основі комплексних водорозчинних добрив і антистресантів (табл. 1). Площа посівної ділянки другого порядку становила 140 м^2, облікової – 100 м^2.

Технологія вирощування кукурудзи за виключенням досліджуваних питань була загальноприйнятою для району досліджень. Сівбу проводили в середині травня, коли ґрунт на глибині 5–6 см прогрівався до 10–12 ºС. Під оранку вносили 100 кг/га амофосу ($N_{12}P_{52}$) і 80 кг/га хлористого калію (K_{50}). Весною, під передпосівну культивацію вносили 100 кг/га карбаміду (N_{46}). Під час сівби вносили 30 кг/га амофосу (N_4P_{15}). Насіння висівали широкорядним способом сівби з міжряддями 70 см. Норма висіву насіння всіх гібридів була рекомендованою установою оригінатором і становила 70 тис. шт./га.

Після сівби вносили ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд і проводили прикочування. Під час 12-ї мікрофази за міжнародною класифікацією ВВСН вносили страховий гербіцид Лаудіс. Витрати робочого розчину як для внесення гербіцидів, так і позакореневих підживлень, становили 250 л/га.

Комплексне водорозчинне добриво Nanovit Кукурудза крім спеціально збалансованого під кукурудзу набору макро- та мікроелементів у своєму складі також містить багатофункціональний біологічно активний комплекс Nanoactiv на основі 15-ти рослинних L-амінокислот, широкий спектр рослинних фітогормонів, моносахаридів, органічних кислот, полісахаридний прилипач.

Таблиця 1 – **Варіанти позакореневих підживлень** (фактор *B*)

Варіант	Мікрофаза за шкалою ВВСН	Карбамід (21 кг/га)	Nanovit (кукурудза) (1,5 л/га)	Квантум АміноМакс (1,0 л/га)	Partner (хелат цинку) (1,0 л/га)
I	14–16	–	–	–	–
	16–18	–	–	–	–
II	14–16	●	●	–	–
	16–18	–	–	–	–
III	14–16	–	–	–	–
	16–18	●	●	–	–
IV	14–16	●	●	–	–
	16–18	●	●	–	–
V	14–16	●	●	●	–
	16–18	●	●	●	–
VI	14–16	●	●	●	●
	16–18	●	●	●	–
VII	14–16	●	●	●	●
	16–18	●	●	●	●

Комплексне добриво-антистресант Квантум АміноМакс 200 має високий вміст амінокислот (200 г/л). Воно збагачене макро- та мікроелементами, гуміновими речовинами, органічними кислотами і рослинними фітогормонами для підсилення антистресового ефекту та підвищення імунітету рослин.

Закладання досліду, обліки, вимірювання та статистичний аналіз отриманих результатів проводили за загальноприйнятими методиками [18, 19].

Результати дослідження та обговорення. Серед технологічних факторів вирощування саме система живлення має ключовий вплив на ріст і розвиток кукурудзи. Своєчасне усунення дефіциту елементів живлення в рослинах, як і внесення препаратів, призначених нівелювати вплив стресових факторів, – є важливою умовою формування високої врожайності основної і побічної продукції кукурудзи. У науковій літературі є велика кількість матеріалів, яка свідчить про значний вплив системи живлення на врожайність зерна кукурудзи [20–22].

У середньому за два роки, кращі умови для росту та розвитку рослин кукурудзи всіх досліджуваних гібридів були у варіантах проведення двох позакореневих підживлень сполученням карбаміду (N_{10}), комплексного водорозчинного добрива Nanovit (кукурудза) у дозі 1,5 л/га, антистресанту Квантум АміноМакс у дозі 1,0 л/га і цинкового добрива Partner (у перше підживлення) у дозі 1,0 л/га (шостий варіант фактора *B*). У цьому варіанті врожайність зерна кукурудзи гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у середньому за два роки досліджень становила 5,36; 5,79 і 6,63 т/га відповідно (табл. 2).

Таблиця 2 – **Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних варіантів позакореневих підживлень,** т/га

Гібрид (фактор *A*)	Позакореневе підживлення (фактор *B*)	Рік				Середнє
		2024		2025		
		У**	РГ	У	РГ	
Р7818	I*	3,96	●	5,45	●	4,71
	II	4,12	●	5,61	●	4,87
	III	4,15	●●	5,78	●●	4,97
	IV	4,31	●●●	5,85	●●	5,08
	V	4,54	●●●●	6,02	●●●	5,28
	VI	4,56	●●●●	6,16	●●●	5,36
	VII	4,66	●●●●●	6,18	●●●	5,42
ДКС3730	I	4,19	●	5,80	●	5,00
	II	4,30	●	5,94	●	5,12
	III	4,38	●●	6,05	●	5,22
	IV	4,46	●●	6,22	●●	5,34
	V	4,78	●●●	6,46	●●●	5,62
	VI	4,94	●●●●	6,64	●●●●	5,79
	VII	4,98	●●●●	6,57	●●●●	5,78
ДКС4541	I	4,82	●	6,76	●	5,79
	II	4,91	●	6,96	●	5,94
	III	5,04	●	6,94	●	5,99
	IV	5,17	●●	7,22	●●	6,20
	V	5,48	●●●	7,46	●●●	6,47
	VI	5,60	●●●●	7,66	●●●●	6,63
	VII	5,65	●●●●	7,60	●●●●	6,63
$НІР_{05}$ головного ефекту *A*		0,13		0,21		–
$НІР_{05}$ головного ефекту *B*		0,15		0,23		–
$НІР_{05}$ часткових порівнянь *A*		0,16		0,24		–
$НІР_{05}$ часткових порівнянь *B*		0,16		0,26		–

Примітка: * – зміст досліджуваних варіантів позакореневих підживлень розкрито в табл. 1;
** – показники: У – урожайність зерна, т/га; РГ – рангова група за критерієм Дункана.

Фактично таку саму врожайність отримали у варіанті, де в друге позакореневе підживлення до бакової суміші продуктів додавали цинкове добриво Partner (сьомий варіант фактора *B*). За статистичним аналізом з використанням рангового критерію Дункана, врожайність зерна кукурудзи на цих варіантах у 2024 і 2025 рр. статистично не відрізнялася і належала до однієї рангової групи. Лише в погодних умовах 2024 р. на посівах ранньостиглого гібрида Р7818 урожайність зерна у сьомому варіанті була істотно вищою, ніж у шостому.

Значне підвищення врожайності зерна усіх гібридів кукурудзи забезпечувало додавання до бакової суміші антистресанту Квантум АміноМакс. Завдяки цьому, урожайність зерна гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у середньому за два роки підвищувалася на 0,20; 0,28 і 0,27 т/га відповідно (різниця між четвертим і п'ятим варіантами фактора *B*). Зокрема, ефективність застосування цього продукту вищою була у менш сприятливому 2024 р.

Загалом, ефективність позакореневих підживлень значно вищою була в менш сприятливих погодних умовах 2024 р., що закономірно, адже за стресових погодних умов позакореневі підживлення виявляють вищу ефективність. Зокрема, завдяки проведенню двох позакореневих підживлень розчином усіх досліджуваних продуктів (сьомий варіант фактора *B*), урожайність зерна кукурудзи гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 порівняно з контролем (без позакореневих підживлень) у менш сприятливих погодних умовах 2024 р. підвищувалася на 17,7; 18,9 і 17,2 % відповідно, тимчасом у більш сприятливому 2025 р. – на 13,4; 13,2 і 12,4 %. Вищу ефективність позакореневих підживлень у менш сприятливих погодних умовах відмічають також інші дослідники [23, 24].

Урожайність побічної продукції кукурудзи за впливу досліджуваних варіантів зазнавала подібних змін, що і врожайність зерна. Найвищою вона була у варіанті двох позакореневих підживлень розчином на основі комплексного добрива Nanovit (кукурудза) з антистресантом Квантум АміноМакс (п'ятий варіант фактора *B*). У цьому варіанті, в середньому за роками, вона становила 8,23; 8,93 і 10,58 т/га, що на 1,18; 1,28 і 1,42 т/га вище, ніж на контролі (табл. 3).

Додавання до бакового розчину препаратів цинкового добрива Partner (як у перше, так і друге підживлення) загалом не показало високої ефективності. Зокрема, урожайність побічної продукції гібрида ДКС4541 у варіантах внесення цього продукту (шостий і сьомий варіанти фактора *B*) не мала істотної різниці порівняно з п'ятим варіантом. На посівах гібрида Р7818 у 2025 р. і гібрида ДКС3730 у 2024 р., також не відмічено істотної різниці між цими варіантами. Водночас, спостерігалася тенденція формування вищої урожайності побічної продукції за умови додавання до бакової суміші продуктів добрива Partner.

Як і врожайність зерна, маса побічної продукції кукурудзи, за впливу досліджуваних варіантів позакореневих підживлень, більших змін зазнавала в менш сприятливих погодних умовах 2024 р., що свідчить про доцільність проведення підживлень на основі антистресантів, насамперед, у стресових погодних умовах. Зокрема, завдяки проведенню двох позакореневих підживлень сумішшю на основі комплексного добрива Nanovit (кукурудза) з антистресантом Квантум АміноМакс (п'ятий варіант фактора *B*), урожайність побічної продукції гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 порівняно з контролем у 2024 р. зростала на 18,0; 18,8 і 18,2 %, тимчасом у 2025 р. – на 15,8; 15,2 і 13,6 % відповідно.

Індекс урожайності різнився як за впливу моро-біотипу гібридів, так і за впливу досліджуваних варіантів позакореневих підживлень. Погодні умови років досліджень також впливали на цей показник.

Серед досліджуваних гібридів кукурудзи, в погодних умовах обох років найвищий індекс урожайності мав ранньостиглий гібрид Р7818, а найменший – середньостиглий гібрид ДКС4541. Зокрема, в погодних умовах 2024 р., у середньому по варіантах позакореневих підживлень, індекс урожайності гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС541 становив 0,392; 0,395 і 0,388 одиниць відповідно, в погодних умовах 2025 р. – 0,389; 0,386 і 0,377 (табл. 4).

За отриманими результатами, гібриди кукурудзи з більшою тривалістю вегетації формують більшу частку побічної продукції в загальній масі врожаю. Тенденцію формування вищого індексу врожайності гібридів з меншою тривалістю вегетації відмічають також інші дослідники [25, 26].

У погодних умовах років спостерігалася чітко виражена тенденція до зменшення індексів урожайності всіх гібридів кукурудзи на варіантах проведення двох позакореневих підживлень усіма досліджуваними поєднаннями препаратів, що свідчить про більш інтенсивне наростання вегетативної маси рослин, приріст якої випереджає приріст урожайності зерна. Зокрема, у варіанті проведення двох

позакореневих підживлень посівів сполученням усіх досліджуваних продуктів (сьомий варіант фактора *B*), індекс урожайності гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у 2024 р. становив 0,396, 0,393 і 0,383 одиниці, що на 2,2; 2,0 і 3,0 % відповідно менше, ніж на контролі. Аналогічна тенденція відмічена і в більш сприятливих погодних умовах 2025 р. Закономірність зменшення індексу врожайності кукурудзи за умови покращення живлення рослин відмічають також науковці С.М. Каленська і В.Г. Таран [27].

Таблиця 3 – **Урожайність побічної продукції гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних варіантів позакореневих підживлень,** т/га

Гібрид (фактор *A*)	Позакореневе підживлення (фактор *B*)	Рік				Середнє
		2024		2025		
		У**	РГ	У	РГ	
Р7818	I*	5,82	●	8,27	●	7,05
	II	5,98	●	8,72	●	7,35
	III	6,17	●	9,00	●●	7,59
	IV	6,38	●●	9,11	●●	7,75
	V	6,87	●●●	9,58	●●	8,23
	VI	7,01	●●●	10,01	●●●	8,51
	VII	7,11	●●●	9,96	●●●	8,54
ДКС3730	I	6,26	●	9,03	●	7,65
	II	6,53	●	9,25	●	7,89
	III	6,74	●●	9,62	●	8,18
	IV	6,77	●●	9,81	●●	8,29
	V	7,44	●●●	10,41	●●●	8,93
	VI	7,69	●●●●	10,83	●●●	9,26
	VII	7,69	●●●●	10,58	●●●	9,14
ДКС4541	I	7,38	●	10,94	●	9,16
	II	7,58	●	11,17	●	9,38
	III	7,95	●●	11,32	●	9,64
	IV	8,22	●●	12,14	●●	10,18
	V	8,72	●●●	12,43	●●●	10,58
	VI	8,83	●●●	12,99	●●●	10,91
	VII	9,10	●●●	12,72	●●●	10,91
$НІР_{05}$ головного ефекту *A*		0,39		0,61		–
$НІР_{05}$ головного ефекту *B*		0,41		0,62		–
$НІР_{05}$ часткових порівнянь *A*		0,40		0,64		–
$НІР_{05}$ часткових порівнянь *B*		0,43		0,66		–

Примітка: * – зміст варіантів позакореневих підживлень розкрито в табл. 1; ** – показники: У – урожайність побічної продукції, т/га; РГ – рангові групи за критерієм Дункана.

Таблиця 4 – **Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від досліджуваних варіантів позакореневих підживлень**

Позакореневе підживлення (фактор *B*)	2024 рік			2025 рік		
	Гібрид (фактор *A*)					
	Р7818	ДКС3730	ДКС4541	Р7818	ДКС3730	ДКС4541
I*	0,405	0,401	0,395	0,397	0,391	0,382
II	0,408	0,397	0,393	0,397	0,391	0,384
III	0,402	0,394	0,388	0,391	0,386	0,380
IV	0,403	0,397	0,386	0,391	0,388	0,373
V	0,398	0,391	0,386	0,386	0,383	0,375
VI	0,394	0,391	0,388	0,381	0,380	0,371
VII	0,396	0,393	0,383	0,383	0,383	0,374
Середнє	0,392	0,395	0,388	0,389	0,386	0,377

Примітка: * – зміст варіантів позакореневих підживлень розкрито в табл. 1.

У більш сприятливих погодних умовах 2025 р. приріст вегетативної маси рослин кукурудзи всіх гібридів більш помітно випереджав приріст урожайності зерна, ніж у менш сприятливому 2024 р., саме тому індекс урожайності на всіх варіантах позакореневих підживлень цього року був дещо менший, ніж у 2024 р.

Висновки. У результаті проведених досліджень отримано нові знання відносно впливу позакореневих підживлень у різні фенологічні фази різними сполученнями водорозчинних добрив і антистресантів на формування врожайності зерна і побічної продукції, а також індекс урожайності гібридів кукурудзи з різною тривалістю вегетації в умовах Правобережного Лісостепу України.

Кращим у досліді виявився варіант проведення двох позакореневих підживлень під час 14–16 і 16–18 мікрофаз за класифікацією ВВСН баковим розчином карбаміду (N_{10}), комплексного водорозчинного добрива Nanovit (кукурудза) у дозі 1,5 л/га, антистресанту Квантум АміноМакс у дозі 1,0 л/га і цинкового добрива Partner (у перше підживлення) у дозі 1,0 л/га. У цьому варіанті врожайність зерна гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 у середньому за два роки становила 5,36; 5,79 і 6,63 т/га відповідно. Додавання до бакового розчину препаратів під час другого підживлення цинкового добрива Partner не забезпечувало подальшого підвищення врожайності зерна.

Ефективність позакореневих підживлень значно вищою була в менш сприятливих умовах 2024 р., що закономірно, адже за стресових погодних умов вони виявляють вищу ефективність. Зокрема, у середньому по гібридах, за впливу позакореневих підживлень урожайність зерна в 2024 р. найбільше зростала на 17,9 %, тимчасом у більш сприятливому 2025 р. – на 13,3 %.

Урожайність побічної продукції кукурудзи за впливу позакореневих підживлень зазнавала подібних змін, що і врожайність зерна. Найбільшою вона була у варіантах з двома підживленнями розчином на основі комплексного добрива Nanovit (кукурудза) з антистресантом Квантум АміноМакс. У цьому варіанті, у середньому за два роки, у гібридів Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 вона становила 8,23; 8,93 і 10,58 т/га, що на 1,18; 1,28 і 1,42 т/га вище, ніж на контролі.

У погодних умовах обох років найнижчі показники індексу врожайності всіх гібридів кукурудзи були у варіантах двох позакореневих підживлень усіма сполученнями продуктів, що свідчить про більш інтенсивне наростання вегетативної маси рослин, приріст якої випереджає приріс урожайності зерна. У середньому за два роки, у цьому варіанті індекс урожайності гібридів кукурудзи Р7818, ДКС3730 і ДКС4541 становив 0,390; 388 і 0,379 одиниць, що на 2,7; 2,0 і 2,5 % відповідно менше, ніж на контролі.

У більш сприятливих погодних умовах 2025 р. приріст вегетативної маси рослин кукурудзи всіх гібридів більш помітно випереджав приріст урожайності зерна, ніж у менш сприятливому 2024 р., саме тому індекс урожайності на всіх варіантах позакореневих підживлень цього року був дещо менший, ніж у 2024 р.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні більш широкого спектру продуктів для проведення позакореневих підживлень, визначенні оптимальних варіантів їх застосування з урахуванням специфіки вирощуваних гібридів, погодних умов вегетації й інших складових елементів системи живлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванюк В., Гнатів П., Оліфір Ю. Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи й ефективність використання азоту. Вісник Львівського національного університету природокористування: Агрономія. 2022. № 26. С. 170–176. DOI: 10.31734/agronomy2022.26.170

2. Юрченко С.О., Степаненко Б.В., Хачатурян А.Е. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від їх групи стиглості. Scientific Progress & Innovations. 2024. № 27 (4). С. 66–71. DOI: 10.31210/spi2024.27.04.11

3. Вахній С.П., Засуха А.А. Вплив добрив та регуляторів росту рослин на продуктивність основної і побічної продукції кукурудзи. Таврійський науковий вісник. 2024. № 137. С. 44–55. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.137.6

4. Gong Li-sha, Qu Shu-jie, Huang Guan-min. Improving maize grain yield by formulating plant growth regulator strategies in North China. Journal of Integrative Agriculture. 2021. No 20(2). P. 622–632. DOI: 10.1016/s2095- 3119(20)63453-0

5. 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

6. Степаненко М.В., Грабовський М.Б., Козак Л.А. Вплив азотного добрива та мікродобрив на площу листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи. Вклад наукових інвестицій у розвиток агропромислового комплексу в умовах обмеженого ресурсного забезпечення і флуктуацій клімату: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених і спеціалістів. Дніпро, 2023. С. 150–151.

7. Санін Ю.В., Санін В.А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. Агроном. 2015. № 4. С. 31–33.

8. 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: s10725-022-00837-6

9. Басюк П.Л., Грабовський М.Б. Динаміка зміни вмісту та урожайності сухої речовини у рослинах кукурудзи у разі застосування мікродобрив та регуляторів росту. Агробіологія. 2025. № 1. С. 8–17. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-8-17

10. Молдован Ж.А., Собчук С.І. Оцінка показників індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи за допосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. Зернові культури. 2018. Т. 2. № 1. С. 101–108. DOI: 10.31867/2523-4544/ 0014

11. Martinka M. Plant cell responses to cadmium and zinc. In Applied Plant Cell Biology: Cellular Tools and Approaches for Plant Cellular Tools and Approaches for Plant Biotechnology, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany. 2014. P. 209–246.

12. Tejada M., Rodriguez-Morgado B., Paneque P. Effects of foliar fertilization of a biostimulants obtained from chicken feathers on maize yield. European Journal of Agronomy. 2018. No 96. P. 54–59. DOI: 10.1016/j.eja.2018.03.003

13. Паламарчук В.Д. Вплив позакореневих підживлень на стійкість гібридів кукурудзи до вилягання. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2018 № 8. С. 14–25.

14. Brankov M., Simić M., Mesarovic J. Integrated effects of herbicides and foliar fertilizer on corn inbred line. Chilean journal of agricultural research. 2020. Vol. 80. No 1. P. 50–60. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100050

15. Brankov M., Simić M., Dolijanović Ẑ. The response of maize lines to foliar fertilizing. Agriculture. 2020. 10 (9). 365 p. DOI: 10.3390/ agriculture10090365

16. Ali M.A., Abbas A., Awan S.I. Correlated response of various morpho-physiological characters with grain yield in sorghum landraces at different growth phases. Journal of Animal and Plant Sciences. 2011. No 21. P. 671–679.

17. Anees M., Ali A., Shakoor U. Foliar applied potassium and zinc enhances growth and yield performance of maize under rainfed conditions. International Journal of Agriculture and Biology. 2016. Vol. 18. No 5. P. 1025–1032. DOI: 10.17957/ IJAB/15.0204

18. Дослідна справа в агрономії / А.О. Рожков та ін. Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан, 2016. Кн. 1. 300 с.

19. Дослідна справа в агрономії / А.О. Рожков та ін. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Харків: Майдан, 2016. Кн. 2. 298 с.

20. Паламарчук В.Д., Мазур О.В. Елементи структури врожаю гібридів кукурудзи залежно від внесення біологічних препаратів в умовах Лісостепу правобережного. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 4 (23). С. 244–252.

21. Скакун В.М., Марченко Т.Ю. Структура врожаю гібридів кукурудзи залежно від елементів агротехнології. Аграрні інновації. 2022. № 16. С. 135–142. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.16.21

22. Цилюрик О.І., Іжболдін О.О. Вплив стимуляторів росту рослин на біометричні показники та урожайність кукурудзи в Північному Степу. Аграрні інновації. 2022. № 15. С. 59–66. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.15.9

23. Дудка М.І., Якунін О.П., Ковтун О.В. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від макро- та мікродобрив. Зернові культури. 2021. Т. 5. № 1. С. 45–51. DOI: 10.31867/2523-4544/0157

24. Grabovskyi M., Kucheruk P. Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. Environmental Science and Pollution Research. 2023. № 30. P. 70022–70038. DOI: 10.1007/s11356-023-27235-3

25. Harvest index at maize in different growing conditions / V. Ion et al. Rom. Biotech. Lett. 2015. Vol. 20. No 6. P. 10951–10960.

26. Hütsch B.W., Schubert S. Harvest Index of Maize (Zea mays L.): Are There Possibilities for Improvement? Adv. Agron. 2017. Vol. 146. P. 37–82. DOI: 10.1016/bs.agron.2017.07.004

27. Каленська С.М., Таран В.Г. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14. № 4. С. 415–421. DOI: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.15109

REFERENCES

1. Ivaniuk, V., Hnativ, P., Olifir, Yu. (2022). Vplyv azotnykh dobryv na formuvannia vrozhaiu zerna kukurudzy y efektyvnist vykorystannia azotu [The effect of nitrogen fertilizers on corn grain yield and nitrogen use efficiency]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu pryrodokorystuvannia: Ahronomiia [Journal of Lviv national university of natural resources: Agronomy]. no. 26, pp. 170–176. DOI: 10.31734/agronomy2022.26.170

2. Yurchenko, S.O., Stepanenko, B.V., Khachaturian, A.E. (2024). Urozhainist hibrydiv kukurudzy na zerno zalezhno vid yikh hrupy styhlosti [Yield of grain corn hybrids depending on their maturity group]. Scientific Progress & Innovations. no. 27(4), pp. 66–71. DOI: 10.31210/spi2024.27.04.11

3. Vakhnii, S.P., Zasukha, A.A. (2024). Vplyv dobryv ta rehuliatoriv rostu roslyn na produktyvnist osnovnoi i pobichnoi produktsii kukurudzy [The effect of fertilizers and plant growth regulators on the yield of main and by-products of maize]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavriya scientific Bulletin]. no. 137, pp. 44–55. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.137.6

4. Gong Li-sha, Qu Shu-jie, Huang Guan-min (2021). Improving maize grain yield by formulating plant growth regulator strategies in North

China. Journal of Integrative Agriculture. no. 20(2), pp. 622–632. DOI: 10.1016/s2095- 3119(20)63453-0

5. Lavrynenko, Yu.O., Mishchenko, S.V., Marchenko, T.Iu., Piliarska, O.O., Kobyzieva, L.N. (2022). Fotosyntetychni pokaznyky hibrydiv kukurudzy zalezhno vid hustoty posivu i obrobitku biopreparatamy za umov zroshennia [Photosynthetic parameters of corn hybrids depending on planting density and treatment with biological agents under irrigated conditions]. Ahrarni innovatsii [Agricultural innovations]. no. 12, pp. 41–47. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.7

6. Stepanenko, M.V., Hrabovskyi, M.B., Kozak, L.A. (2023). Vplyv azotnoho dobryva ta mikrodobryv na ploshchu lystkovoi poverkhni ta fotosyntetychnyi potentsial posiviv kukurudzy [The effect of nitrogen fertilizer and micronutrients on leaf area and photosynthetic potential in corn crops]. Vklad naukovykh investytsii u rozvytok ahropromyslovoho kompleksu v umovakh obmezhenoho resursnoho zabezpechennia i fluktuatsii klimatu: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistiv [The Contribution of Scientific Investment to the Development of the Agro-Industrial Complex under Conditions of Limited Resources and Climate Fluctuations: Proceedings of the International Scientific and Practical Online Conference for Young Scientists and Specialists]. Dnipro, pp. 150–151.

7. Sanin, Yu.V., Sanin, V.A. (2015). Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia silskohospodarskykh kultur mikroelementamy [Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia silskohospodarskykh kultur mikroelementamy]. Ahronom [Agronomist]. no. 4, pp. 31–33.

8. 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. DOI: s10725-022-00837-6

9. Basiuk, P.L., Hrabovskyi, M.B. (2025). Dynamika zminy vmistu ta urozhainosti sukhoi rechovyny u roslynakh kukurudzy u razi zastosuvannia mikrodobryv ta rehulia-toriv rostu [Changes in dry matter content and yield in corn plants following the application of micronutrients and growth regulators]. Ahrobiolohiia [Agrobiologia]. no. 1, pp. 8–17. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-8-17

10. Moldovan, Zh.A., Sobchuk, S.I. (2018). Otsinka pokaznykiv indyvidualnoi produktyvnosti roslyn kukurudzy za doposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenevoho pidzhyvlennia [Evaluation of individual yield traits in corn plants following pre-sowing seed treatment and foliar fertilization]. Zernovi kultury [Grain crops]. Vol. 2, no. 1, pp. 101–108. DOI: 10.31867/2523-4544/ 0014

11. Martinka, M. (2014). Plant cell responses to cadmium and zinc. In Applied Plant Cell Biology: Cellular Tools and Approaches for Plant Cellular Tools and Approaches for Plant Biotechnology, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany. pp. 209–246.

12. Tejada, M., Rodriguez-Morgado, B., Paneque, P. (2018). Effects of foliar fertilization of a biostimulants obtained from chicken feathers on maize yield. European Journal of Agronomy. no. 96, pp. 54–59. DOI: 10.1016/j.eja.2018.03.003

13. Palamarchuk, V.D. (2018). Vplyv pozakorenevykh pidzhyvlen na stiikist hibrydiv kukurudzy do vyliahannia [Influence of foliar fertilization on the resistance of maize hybrids to lodging]. Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry]. no. 8, pp. 14–25.

14. Brankov, M., Simić, M., Mesarovic, J. (2020). Integrated effects of herbicides and foliar fertilizer on corn inbred line. Chilean journal of agricultural research. Vol. 80, no. 1, pp. 50–60. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100050

15. Brankov, M., Simić, M., Dolijanović, Ž. (2020). The response of maize lines to foliar fertilizing. Agriculture. no. 10(9), 365 p. DOI: 10.3390/agriculture10090365

16. Ali, M.A., Abbas, A., Awan, S.I. (2011). Correlated response of various morpho-physiological characters with grain yield in sorghum landraces at different growth phases. Journal of Animal and Plant Sciences. no. 21, pp. 671–679.

17. Anees, M., Ali, A., Shakoor, U. (2016). Foliar applied potassium and zinc enhances growth and yield performance of maize under rainfed conditions. International Journal of Agriculture and Biology. Vol. 18, no. 5, pp. 1025–1032. DOI: 10.17957/IJAB/15.0204

18. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M., Puzik, L.M., Popov, S.I., Muzafarov, N.M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii [Research in agronomy]. Kharkiv, Maidan, book 1, 300 p.

19. Rozhkov, A.O., Kalenska, S.M., Puzik, L.M., Muzafarov, N.M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii [Research in agronomy]. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen [Statistical processing of agronomic research results]. Kharkiv, Maidan, Book 2, 298 p.

20. Palamarchuk, V.D., Mazur, O.V. (2021). Elementy struktury vrozhaiu hibrydiv kukurudzy zalezhno vid vnesennia biolohichnykh preparativ v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Components of the yield structure of corn hybrids depending on the application of biological agents in the Right-Bank Forest-Steppe region]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]. no. 4 (23), pp. 244–252.

21. Skakun, V.M., Marchenko, T.Iu. (2022). Struktura vrozhaiu hibrydiv kukurudzy zalezhno vid elementiv ahrotekhnolohii [Yield composition of corn hybrids depending on agronomic practices]. Ahrarni innovatsii [Agricultural innovations]. no. 16, pp. 135–142. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.16.21

22. Tsyliuryk, O.I., Izhboldin, O.O. (2022). Vplyv stymuliatoriv rostu roslyn na biometrychni pokaznyky ta urozhainist kukurudzy v Pivnichnomu Stepu [The effect of plant growth regulators on biometric parameters and maize yield in the Northern steppe]. Ahrarni innovatsii [Agricultural innovations]. no. 15, pp. 59–66. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.15.9

23. Dudka, M.I., Yakunin, O.P., Kovtun, O.V. (2021). Formuvannia vrozhainosti zerna kukurudzy zalezhno vid makro- ta mikrodobryv [The influence of macro- and micronutrients on corn grain yield]. Zernovi kultury [Grain crops]. Vol. 5, no. 1, pp. 45–51. DOI: 10.31867/2523-4544/0157

24. Grabovskyi, M., Kucheruk, P. (2023). Influence of macronutrients and micronutrients on maize hybrids for biogas production. Environmental Science and Pollution Research. no. 30, pp. 70022–70038. DOI: 10.1007/s11356-023-27235-3

25. Ion, V., Dicu, G., Dumbravă, M. (2015). Harvest index at maize in different growing conditions. Rom. Biotech. Lett. 2015. Vol. 20, no. 6, pp. 10951–10960.

26. Hütsch, B.W., Schubert, S. (2017). Harvest Index of Maize (Zea mays L.): Are There Possibilities for Improvement? Adv. Agron. Vol. 146, pp. 37–82. DOI: 10.1016/bs.agron.2017.07.004

27. Kalenska, S.M., Taran, V.H. (2018). Indeks urozhainosti hibrydiv kukurudzy zalezhno vid hustoty stoiannia roslyn, norm dobryv ta pohodnykh umov vyroshchuvannia [Yield index of corn hybrids based on plant density, fertilizer application rates, and growing conditions]. Plant Varieties Studying and Protection. Vol. 14, no. 4, pp. 415–421. DOI: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.15109

Grain and by-product yields of corn hybrids from different maturity groups depending on the effects of foliar fertilization and weather conditions

Storozhenko V.

This article presents the results of a two-year study on the effects of foliar applications of various combinations of water-soluble compound fertilizers and anti-stress agents on grain yield, by-product biomass, and harvest index of maize hybrids of different maturity groups under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted in 2024–2025 at the “Horizon-2” agricultural farm in Bila Tserkva district of the Kyiv region.

The experiment was established using a split-plot design with four replications. The main plots (factor A) included three maize hybrids of different maturity groups: ‘P7818’ (FAO 240), ‘DKS3730’ (FAO 280), and ‘DKS4541’ (FAO 380). The subplots (factor B) consisted of seven variants of foliar fertilization based on different combinations of water-soluble compound fertilizers and anti-stress agents. Foliar applications were carried out at growth stages BBCH 14–16 and 16–18. The sowing plot area was 140 m², and the accounting (harvested) plot area was 100 m².

The highest grain yield and by-product biomass were obtained under a treatment that included two foliar applications at BBCH 14–16 and 16–18 using a tank mixture of urea (N_{10}), the complex fertilizer Nanovit (for maize) at a rate of 1.5 L/ha, the anti-stress agent Quantum AminoMax at 1.0 L/ha, and the zinc-containing fertilizer Partner (applied during the first foliar treatment) at 1.0 L/ha. In this treatment, the average grain yield over the two years reached 5.36 t/ha for ‘P7818’, 5.79 t/ha for ‘DKS3730’, and 6.63 t/ha for ‘DKS4541’. The addition of the zinc fertilizer Partner to the tank mixture during the second foliar application did not result in a further increase in grain yield or by-product biomass.

The application of two foliar treatments with all tested product combinations resulted in a decrease in the harvest index, indicating that biomass accumulation outpaced grain yield formation. On average over the study years, in treatments with two foliar applications, the harvest index of hybrids ‘P7818’, ‘DKS3730’, and ‘DKS4541’ was 0.390, 0.388, and 0.379, respectively, which is 2.7 %, 2.0 %, and 2.5 % lower than in the control.

Key words: maize, hybrid, compound fertilizers, anti-stress agents, foliar fertilization, grain yield, harvest index.

Copyright: Стороженко 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:
Стороженко В.О. https://orcid.org/0009-0003-3413-0196

АГРОНОМІЯ

УДК 633.11:631.526.3

Особливості формування довжини головного колоса у різних за скоростиглістю сортів пшениці озимої м'якої

Устинова Г.Л., Карпук Л.М., Юрченко А.І., Ображій С.В.

Білоцерківський національний аграрний університет

Устинова Г.Л., Карпук Л.М., Юрченко А.І., Ображій С.В. Особливості формування довжини головного колоса у різних за скоростиглістю сортів пшениці озимої м'якої. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 177–186.

Ustynova H., Karpuk L., Yurchenko A., Obrazhii S. Spike Length Formation in Soft Winter Wheat Varieties of Different Maturity Groups. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 177–186.

Рукопис отримано: 05.03.2026 р.
Прийнято: 20.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-177-186

ISSN 2310-9270

У сучасних умовах кліматичних змін та нестабільності погодних факторів важливим завданням селекції є створення високопродуктивних сортів пшениці озимої, здатних забезпечувати стабільну врожайність у різних агроекологічних умовах. Однією з важливих морфологічних ознак, що характеризує потенціал продуктивності рослин, є довжина колоса, яка відображає генетичні особливості сорту та його адаптивну реакцію на умови середовища.

Метою дослідження було оцінити адаптивність сучасних сортів пшениці озимої м'якої за параметрами гомеостазу та селекційної цінності ознаки довжини колоса в умовах Лісостепу України.

Дослідження проводили упродовж 2017–2020 рр. на дослідному полі навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету. Об'єктом досліджень були сорти пшениці озимої м'якої різних груп стиглості. У процесі досліджень визначали середнє арифметичне значення ознаки, мінімальні та максимальні показники, дисперсію, коефіцієнт варіації, а також індекс гомеостазу та селекційну цінність ознаки.

Встановлено, що довжина головного колоса у досліджуваних сортів варіювала від 6,8 до 9,7 см за середнього значення у досліді 7,8 см. Найбільшу довжину колоса сформували сорти Чорнява, Кольчуга, Миронівська 61, Лісова пісня та Добірна. Коефіцієнт варіації ознаки становив від 4,1 до 21,8 %, що свідчить про різний рівень стабільності прояву цієї ознаки у досліджуваних генотипів.

Високі показники гомеостазу встановлено у сортів Знахідка одеська, Відрада, Чорнява, Лісова пісня, Столична та Миронівська 61. Найвищу селекційну цінність за довжиною колоса відзначено у сортів Відрада, Столична, Чорнява та Миронівська 61.

Виділені сорти поєднують високий рівень прояву досліджуваної ознаки зі стабільністю її формування у різних умовах вирощування та можуть бути використані як цінний вихідний матеріал у селекційних програмах зі створення високопродуктивних і адаптивних сортів пшениці озимої.

Ключові слова: пшениця озима м'яка, довжина колоса, адаптивність, гомеостаз, селекційна цінність, сорт, продуктивність, Лісостеп України.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У сучасних умовах, що характеризуються воєнними діями на території України, серйозними викликами, спричиненими зміною клімату та високою економічною невизначеністю, найважливішим завданням аграрної галузі є суттєве збільшення із стабілізацією виробництва зерна озимих зернових культур [1, 2].

Стратегічне завдання сучасного селекційного процесу передбачає створення нових адаптованих сортів пшениці озимої з комплексом цінних господарських ознак – високою якістю зерна та генетичним потенціалом стійкості до несприятливих біотичних та абіотичних факторів [3–6].

Кліматичні зміни, що спостерігаються останніми роками, ускладнюють повну

актуалізацію генетичного потенціалу врожайності нових високопродуктивних сортів пшениці озимої м'якої [7, 8]. У зв'язку з цим добір цінних генетичних джерел, адаптованих до конкретних умов вирощування, залишається однією з актуальних проблем сучасної селекції [9, 10].

Значні коливання температури є одним із найважливіших факторів, що визначають потенційну врожайність сортів, пояснюючи 30–50 % глобальної мінливості врожайності [11, 12]. Екстремальні погодні умови, зумовлені зміною клімату, трапляються дедалі частіше, що спричиняє коливання врожайності та скорочення доходів аграрного сектору [13, 14]. У майбутньому очікується, що частота та інтенсивність екстремальних погодних явищ, таких як льодова кірка, випрівання тощо, зростатимуть, що ще більше вплине на врожайність сільськогосподарських культур [15].

Стрес впливає на гомеостаз рослин, порушуючи важливі фізіологічні та молекулярні процеси, знижуючи виробництво енергії та змінюючи цілісність клітин. Під впливом стресу рослини миттєво змінюють свої фізіологічні та молекулярні реакції, щоб створити новий стан гомеостазу, який вважається акліматизацією. Стабільність генотипу під час проходження всіх процесів за впливу умов навколишнього середовища визначається показником гомеостатичності [16–18].

Селекційна цінність відображає рівень реалізації генетичного потенціалу сорту щодо його екологічної адаптивності. Підвищення ефективності селекційного процесу в цьому напрямі передбачає залучення до гібридизації генотипів, що характеризуються високими показниками адаптивності ознак. Виявлення та ідентифікація нових, більш цінних джерел пшениці озимої м'якої за відповідними параметрами є безперервним і актуальним завданням сучасної селекції [19].

Довжина головного колоса розглядається як одна з ключових господарсько цінних ознак, через яку генотип реалізує свій генетично зумовлений потенціал продуктивності. Формування розмірів колоса розпочинається вже на III етапі органогенезу і перебуває у тісній залежності від погодних умов та істотно варіює залежно від біологічних особливостей сорту [20].

Мета роботи полягала у визначенні адаптивності сучасних сортів пшениці озимої м'якої за параметрами гомеостатичності та селекційної цінності їхньої довжини колоса в умовах Лісостепу України.

Матеріал і методика дослідження. Дослідження були проведені упродовж 2016–2020 рр. в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ.

Матеріалом дослідження були 14 сортів пшениці (*Triticum aestivum* L.) озимої різних груп стиглості, а саме: ранньостиглі – Миронівська ранньостигла (Мир. ранньостигла), Знахідка одеська, Кольчуга, Білоцерківська напівкарликова (Б.Ц. н/к.); середньоранні – Золотоколоса, Чорнява, Щедра нива, Лісова пісня; середньостиглі – Антонівка, Відрада, Миронівська 61, Єдність, Столична; середньопізні – Добірна, Пивна і Вдала. Досліди закладали відповідно до вимог селекційних польових експериментів [21]. Попередник – гірчиця на зерно.

Визначали середню арифметичну ($\bar{x}$), мінімальне та максимальне значення (*min–max*) довжини головного колоса, дисперсію (S^2), коефіцієнт варіації (V, %) [22]. Мінливість вважається незначною за коефіцієнта варіації менше 10 %, середньою – $10 \leq V \leq 20$ %, і значною, якщо коефіцієнт варіації перевищує 20 % [21].

Визначення рівня гомеостатичності (*Hom*) зразків пшениці озимої м'якої проводили згідно з методикою В.В. Хангільдіна і М.А. Литвиненка (1981), яка ґрунтується на встановлених в експериментах закономірностях нижчої варіабельності довжини колоса, або меншим її зниженням в несприятливих умовах у сортів із високою гомеостатичністю. За цією методикою було розраховано також селекційну цінність (*Sc*), яка дозволяє виділяти генотипи, що поєднують високу або середню досліджувану ознаку та її стабільну реалізацію в мінливих умовах вирощування.

Статистичну обробку отриманих біометричних даних проводили із використанням комп'ютерних програм Excel 2019 та Statistica, 12.0 [22].

Кліматичні умови у 2016/2017–2019/2020 вегетаційних роках були контрастними як за температурним режимом, так і за кількістю опадів. Однак характерною для них ознакою були підвищені температури повітря за осінню вегетації, період зимового спокою і весняно-літній онтогенез пшениці озимої м'якої (рис. 1, 2).

Умови осені 2016 р. були досить вологими. Кількість опадів становила 146,0 мм, запаси продуктивної вологи в ґрунті обумовили своєчасну та рівномірну появу сходів пшениці озимої м'якої. У вересні 2016 р. температура повітря становила 15,6 °С за середньо-

багаторічної 13,8 °С. Достатня кількість опадів випала в жовтні – 62,0 мм, за середньобагаторічного рівня 33,0 мм, та листопаді – 74,4 мм (середньобагаторічна 41,0 мм) за середньодобової температури повітря 6,8 °С у жовтні та 1,4 °С у листопаді.

За зимовий період 2016/2017 рр. сума опадів становила 139,3 мм за середньобагаторічного рівня 112,0 мм. Найнижча мінімальна температура повітря була зафіксована у січні: мінус 23,8 °С, а найвища у лютому – 6,9 °С. Завдяки достатньому сніговому покриву, коливання температур не мали впливу на рослини пшениці озимої м'якої.

Весна 2017 р. була ранньою та затяжною. Відновлення вегетації спостерігалося шостого березня. Погодні умови весни 2017 р. були переважно сприятливими для росту й розвитку пшениці озимої м'якої. У березні середньодобова температура становила 5,8 °С з коливанням від мінус 6,8 °С до 13,2 °С за середньобагаторічної 0,3 °С, кількість опадів становила 17,2 мм. У квітні середньодобова температура була 10,3 °С, сума опадів становила 58,1 мм.

Середньодобова температура травня становила 14,9 °С, сума опадів – 40,5 мм, що на 12 % нижче середньобагаторічного рівня.

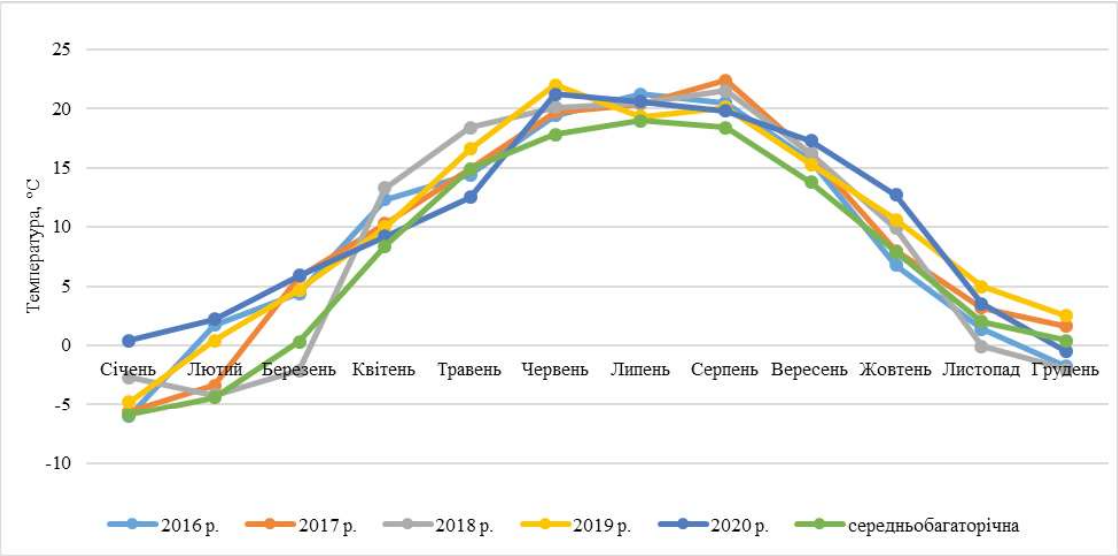


Рис. 1. **Температурний режим у 2016–2020 рр.,** °С
(за даними Білоцерківської метеостанції).

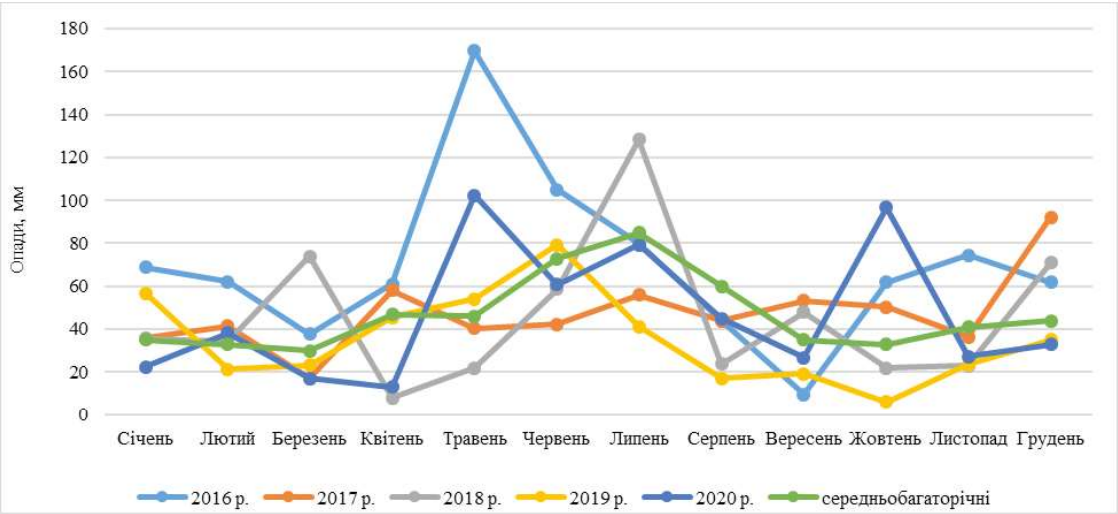


Рис. 2. **Розподіл атмосферних опадів у 2016–2020 рр.,** мм
(за даними Білоцерківської метеостанції).

Середньодобові температури у червні та липні становили 19,7 та 20,4 °С, за суми опадів 42,4 та 56,1 мм відповідно. Такі погодні умови дали можливість сформувати рослинам достатню біомасу, високу продуктивну кущистість, масу зерна з колоса, виповненість зерна.

Осінь 2017 р. була теплою та вологою. Достатній рівень вологи обумовив своєчасний і рівномірний ріст і розвиток рослин. Середньодобова температура вересня становила 16,1 °С. Кількість опадів за місяць становила 53,2 мм (сума опадів за середньобагаторічними даними 35,0 мм). Достатня кількість опадів випала у жовтні 50,4 мм та листопаді 36,4 мм за середньодобової температури повітря 8,0 °С у жовтні та 3,2 °С у листопаді.

За зимовий період 2017/2018 рр. сума опадів становила 162,4 мм, що на 31 % вище середньобагаторічного рівня. Середньодобова температура повітря становила мінус 1,8 °С. Коливання температур не мали негативного впливу на рослини пшениці озимої завдяки достатньому сніговому покриву.

Весна 2018 р. була затяжною та прохолодною. Відновлення вегетації спостерігалося четвертого квітня. Середньодобова температура березня становила мінус 2,1 °С, а кількість опадів – 74,0 мм за середньобагаторічної 30,0 мм. Середньодобова температура квітня становила 13,3 °С, сума опадів – 8,1 мм (середньобагаторічна температура 8,4 °С, кількість опадів 47,0 мм). Середньодобова температура травня була 18,4 °С, сума опадів – 22,0 мм (середньобагаторічна температура 14,9 °С, сума опадів 46,0 мм). Квітень і травень супроводжувались посухою. За цей період випало 30,1 мм опадів, що становить 33,3 % від середньобагаторічного показника.

У червні та липні 2018 р. температура повітря становила 20,1 та 20,5 °С відповідно. Кількість опадів – 58,7 та 128,4 мм відповідно. Підвищена температура та надмірна кількість опадів не дозволили рослинам пшениці озимої м'якої реалізувати генетичний потенціал урожайності, однак сприяли диференціюванню зразків.

Погодні умови осені 2018 р. були досить посушливими. Протягом вересня–листопада загальна кількість опадів становила 93,0 мм, що на 16 мм менше середньобагаторічного показника. Погодні умови передпосівного та посівного періоду пшениці озимої м'якої характеризувалися температурою повітря 8,6 °С, що вище на 0,7 °С за середньобагаторічну (7,9 °С). Кількість опадів за вересень становила 47,9 мм. У листопаді кількість опадівстановила23,1мм(середньобагаторічна 41,0 мм) за середньодобової температури повітря 9,9 °С (середньобагаторічна 7,9 °С) у жовтні та мінус 0,1 °С (середньобагаторічна 2,0 °С) у листопаді.

Негативних умов для перезимівлі пшениці озимої м'якої протягом зимового періоду 2018/2019 рр. практично не спостерігалося. Сума опадів за зимовий період становила 149,3 мм (середньобагаторічна 112,0 мм). Найнижчу мінімальну температуру повітря відмічали у січні – мінус 17,3 °С, а найвищу у лютому – 3,5 °С. Коливання температур не вплинуло згубно на рослини пшениці. Відмічено раннє відновлення весняної вегетації (02 березня). Загалом перезимівля пшениці озимої м'якої у 2018/2019 рр. пройшла добре.

У березні 2019 р. середньодобова температура становила 4,7 °С, кількість опадів – 23,4 мм. Середньодобова температура квітня становила 10,0 °С, сума опадів – 45,5 мм (середньобагаторічна 8,4 °С, кількість опадів 47,0 мм). Середньодобова температура травня становила 16,6 °С, сума опадів – 54,0 мм. Період колосіння та наливу зерна супроводжувався достатнім надходженням вологи. За цей період випало 112,9 мм опадів, що відповідало нормі.

У червні 2019 р. переважала нестійка погода з надмірною кількістю опадів. Середньомісячна температура повітря була дещо вищою за норму і становила 22,0 °С. Сума опадів за червень – 79,2 мм. Середня температура повітря в липні становила 19,3 °С, яка вдень піднімалась до 29–32 °С. Це негативно вплинуло на налив зерна, виповненість та масу зерна з колоса. За липень випало 41,2 мм опадів (середньобагаторічна сума опадів 85,0 мм).

Осінь 2019 р. була теплою, але менш вологою у порівнянні з попередніми роками. Середньодобова температура вересня становила 15,3 °С. Кількість опадів за місяць – 19,2 мм (сума опадів за середньобагаторічними даними 35,0 мм). Мінімальна кількість опадів випала у жовтні 6,1 мм та значно більше у листопаді 23,6 мм за середньодобової температури повітря 10,6 °С у жовтні та 5,0 °С у листопаді.

За зимовий період 2019/2020 рр. сума опадів становила 96,1 мм, що на 15,9 мм менше середньобагаторічних даних. Середньодобова температура повітря становила 1,7 °С. Коливання температур не мали негативного впливу на рослини пшениці завдяки достатньому сніговому покриву.

Весна 2020 р. була ранньою. Відновлення вегетації спостерігалося 28 лютого. Середньодобова температура березня становила 5,9 °С, а кількість опадів – 17,2 мм (середньобагаторічні – 30,0 мм). Середньодобова температура квітня становила 9,2 °С, сума опадів – 13,2 мм. Середньодобова температура травня була 12,5 °С, сума опадів – 102,3 мм, що на 56,3 мм перевищувало показник середньобагаторічних даних.

У червні та липні 2020 р. температура повітря становила 21,2 та 20,6 °С відповідно. Кількість опадів – 60,7 та 79,2 мм відповідно.

Отже, підвищена температура та недостатня кількість опадів під час вегетаційного періоду пшениці озимої м'якої не дозволили рослинам проявити генетичний потенціал, однак дало можливість оцінити та диференціювати сорти пшениці озимої м'якої за довжиною головного колоса та виділити кращі генотипи.

Результати дослідження та обговорення. Метеорологічні умови вегетаційних періодів 2016–2020 рр. в умовах Лісостепу України дали змогу диференціювати зразки пшениці озимої м'якої за адаптивністю, визначити параметрами їхньої гомеостатичності та селекційної цінності.

Для включення до селекційних програм кращого вихідного матеріалу для створення нових високоадаптивних сортів пшениці озимої м'якої, проведено всебічне вивчення різноманітних за скоростиглістю генотипів. Це дало можливість виділити сорти пшениці озимої м'якої, а також визначити їхню адаптивність за параметрами гомеостатичності та селекційної цінності.

У середньому за 2017–2020 рр. досліджувані сорти формували довжину головного колоса на рівні від 6,8 см (Єдність) до 9,7 см – Чорнява. Перевищення над середнім по досліду показником (7,8 см) встановили у сортів Чорнява (9,7 см), Кольчуга, Миронівська 61 (8,6 см), Лісова пісня, Добірна – 7,9 см (табл. 1).

За варіабельності довжини головного колоса в роки досліджень у межах 0,5–3,0 см, мінімальна мінливість відмічена у сортів Відрада (0,5 см), Столична (0,8 см), Знахідка одеська, Лісова пісня (1,3 см), Чорнява, Щедра нива (1,4 см), за незначних коефіцієнтів варіації – 4,3–9,9 %.

Таблиця 1 – **Формування довжини головного колоса в сортів пшениці озимої м'якої різних груп стиглості** (2017–2020 рр.)

Сорт	Довжина головного колоса, см				S^2	V, %
	$\bar{x}$	min	max	R		
ранньостиглі						
Мир. ранньостигла	7,6	6,9	8,7	1,8	0,62	10,2
Знахідка одеська	7,7	7,0	8,3	1,3	0,30	7,1
Кольчуга	8,6	7,0	9,4	2,4	1,1	12,2
Б.Ц. н/к.	7,5	6,1	8,4	2,3	0,97	13,3
середньоранні						
Золотоколоса	7,1	6,3	8,5	2,2	0,92	13,4
Чорнява	9,7	9,1	10,5	1,4	0,35	5,6
Щедра нива	7,0	6,4	7,8	1,4	0,38	9,0
Лісова пісня	7,9	7,0	8,3	1,3	0,35	6,9
середньостиглі						
Антонівка	7,8	6,9	8,7	1,8	0,56	9,9
Відрада	7,4	7,1	7,6	0,5	0,06	4,3
Миронівська 61	8,6	7,8	9,4	1,6	0,43	7,4
Єдність	6,8	6,0	9,0	3,0	2,15	21,8
Столична	7,8	7,5	8,3	0,8	0,12	4,1
середньопізні						
Вдала	7,3	6,7	8,5	1,8	0,75	11,5
Добірна	7,9	7,1	9,1	2,0	0,75	10,6
Пивна	7,7	6,7	9,7	3,0	1,94	17,9
$НІР_{05}$	0,09	-				

Середнім розмахом мінливості за довжиною колоса (1,6–2,4 см) характеризувалися вісім із 16 досліджуваних сортів пшениці озимої м'якої, з незначними (7,4–9,9 %) і середніми (10,2–13,3 %) коефіцієнтами варіації. Найбільша варіабельність за довжиною головного колоса (3,0 см) визначена у сортів Пивна і Єдність із середнім і значним фенотиповим коефіцієнтом варіації – 17,9 і 21,8 % відповідно.

Здатність генотипів підтримувати низький рівень варіабельністі ознаки за роками досліджень є критерієм гомеостатичності. Тісний зв'язок гомеостатичності з коефіцієнтом варіації чітко відображає стабільність ознаки в мінливих умовах навколишнього середовища. До сортів з високою гомеостатичністю (V<10 %) серед ранньостиглих генотипів належить Знахідка одеська (Hom = 89). У групі середньоранніх сортів показник високої гомеостатичності відмічено у сортів Відрада (Hom = 206), Чорнява (Hom = 140) і Лісова пісня (Hom = 83), а в середньостиглих – Столична (Hom = 162) і Миронівська 61 (Hom = 93). У групі стиглості середньопізніх сортів таких генотипів не було, проте слід відмітити кращий зразок за цією ознакою Добірна (V = 10,7 %; Hom = 58) (рис. 3).

До сортів із гомеостатичністю середнього рівня (V < 10,1–20,0 %) у вибірці ранньостиглих сортів належить Миронівська ранньостигла (Hom = 60), Кольчуга (Hom = 46) і Білоцерківська напівкарликова (Hom = 38). У середньоранніх сортів із середньою гомеостатичністю – Щедра нива (Hom = 66), Антонівка (Hom = 64) та Злотоколоса (Hom = 41). У групі середньостиглих сортів таких генотипів не було виявлено. Слід відміти, що всі генотипи середньопізньої групи мали гомеостатичність на рівні середньої (V = 10,6–17,9 %; Hom = 32–58). Визначено, що частка сортів з гомеостатичністю високого і середнього рівня – 50 і 43,75 % відповідно.

Низький рівень гомеостатичності спостерігався у середньостиглого сорту Єдність (V = 21,8 %; Hom = 25).

Досліджуючи селекційну цінність у сортів різних груп стиглості виділено генотипи, які перевищують середнє її значення в досліді (Sc = 41,8). За цією ознакою відзначилися Відрада (Sc = 107,9), Столична (Sc = 77,8), Чорнява (Sc = 68,3), Миронівська 61 (Sc = 45,8), Знахідка одеська, Лісова пісня (Sc = 44,7). Слід відмітити, що у групі середньопізніх сортів жоден генотип не перевищив середній по досліду показник (рис. 4).

Отже, всі досліджувані сорти з найвищими рівнями прояву селекційної цінності належать до генотипів з високою гомеостатичністю (Hom = 206–83) та незначним коефіцієнтом варіації (V = 4,1–7,4 %).

До найбільш значимих генотипів, які поєднують високу гомеостатичність та селекційну цінність належать середньоранній сорт Відрада та середньостиглий – Столична.

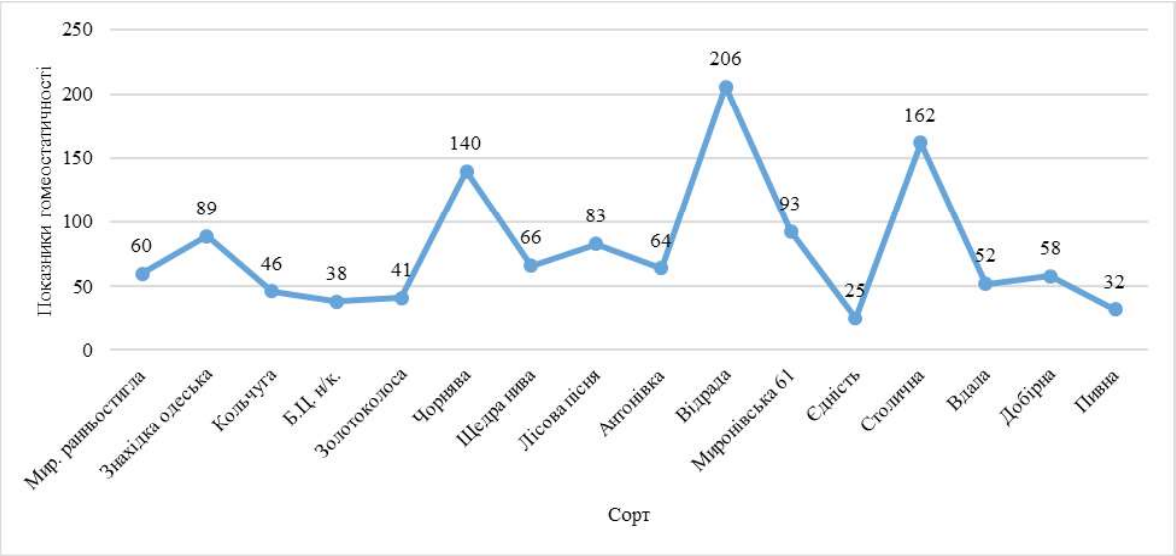


Рис. 3. **Гомеостатичність за довжиною головного колоса у сортів пшениці озимої м'якої,** середнє за 2017–2020 рр.

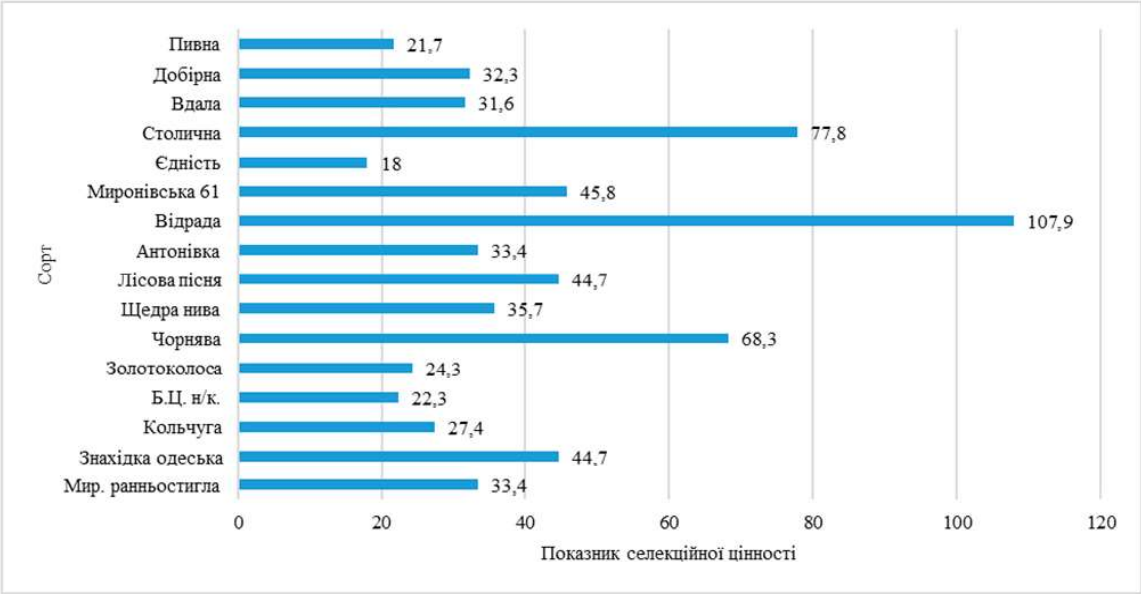


Рис. 4. **Селекційна цінність за довжиною головного колоса сортів пшениці озимої м'якої,** середнє за 2017–2020 рр.

Висновки. Виділено сорти Чорнява (9,7 см), Кольчуга, Миронівська 61 (8,6 см), Лісова пісня, Добірна (7,9 см), які за довжиною головного колоса, в середньому за роки досліджень, суттєво перевищили середній по досліду показник – 7,8 см.

Високу гомеостатичність серед ранньостиглих генотипів відмічено у сортів Знахідка одеська (Hom = 89). У групі середньоранніх сортів за досліджуваним показником виділено генотипи Відрада (Hom = 206), Чорнява (Hom = 140) і Лісова пісня (Hom = 83), а в середньостиглих – Столична (Hom = 162) і Миронівська 61 (Hom = 93).

У середньому за 2017–2020 рр. відмічено сорти з найвищою селекційною цінністю за цим параметром адаптивності, які перевищують середнє її значення по досліду (Sc = 41,8), до них належать Відрада (Sc = 107,9), Столична (Sc = 77,8), Чорнява (Sc = 68,3), Миронівська 61 (Sc = 45,8), Знахідка одеська, Лісова пісня (Sc = 44,7). Усі виділені сорти з найвищими рівнями прояву селекційної цінності належать до генотипів з високою гомеостатичністю.

Виділені сорти пшениці озимої м'якої залучені у селекційні дослідження Білоцерківського національного аграрного університету.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко П.І., Коваленко Н.П. Удосконалення технологій вирощування високопродуктивних сортів пшениці озимої у науково обґрунтованих сівозмінах в умовах зміни клімату. Наукові доповіді НУБіП України. 2024. № 1(107). DOI: 10.31548/dopovidi.1(107).2024.012

2. Yield plasticity of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different soil and climatic conditions of Ukraine / A.M. Kyrylchuk et al. Plant varieties studying and protection. 2024. No 20(1). P. 58–68.

3. Литвиненко М.А. Реалізація генетичного потенціалу. Проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів озимої пшениці. Насінництво. 2010. № 6. С. 1–6.

4. Моргун В.В., Рибалка О.І., Дубровна О.В. Генетичне поліпшення рослин: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. Фізіологія рослин і генетика. 2021. Т. 53. № 2. С. 112–127. DOI: 10.15407/frg2021.02.112.

5. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight / M. Lozinskiy et al. Agronomy Research. 2021. Vol. 19. No 2. P. 540–551. DOI: 10.15159/AR.21.071

6. Крижанівський В.Г. Урожайність та якість кращих константних селекційних ліній пшениці озимої попереднього сортовипробування селекції УНУС. Аграрні інновації. 2024. № 25. С. 124–128.

7. Zheng Y., Cai Z., Wang Z., Zhang G. The genetics and breeding of heat stress tolerance in wheat: advances and prospects. Plants. 2025. Vol. 14. No 2. 148 p. DOI: 10.3390/plants14020148

8. Genetic diversity and climate change adaptation in wheat: a systematic review / A. Salimi et al. Frontiers in Sustainable Food Systems. 2025. Vol. 9. Art. 1504922. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1504922

9. Корхова М.М., Нікончук Н.В., Панфілова А.В. Адаптивний потенціал нових сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2021. Вип. 122. С. 48–55.

10. Продуктивність і адаптивні властивості нових сортів пшениці / Г.Л. Устинова та ін. Агроном. 2023. URL: https://www.agronom.com.ua/produktyvnist-i-adaptyvni-vlastyvosti-novyh-sortiv-pshenytsi/.

11. Ray D.K., Gerber J.S., Macdonald G.K., West P.C. Climate Variation Explains a Third of Global Crop Yield Variability. Nat. Commun. 2015. No 6. 5989 p. DOI: 10.1038/ncomms6989

12. Quantifying the Response of Wheat Yields to Heat Stress: The Role of the Experimental Setup / E.E. Rezaei et al. Field Crops Res. 2018. No 217. P. 93–103. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.12.015

13. Powell J.P., Reinhard S. Measuring the Effects of Extreme Weather Events on Yields, Weather Clim. Extremes. 2016. No 12. P. 69–79. DOI: 10.1016/j.wace.2016.02.003

14. Корхова М.М. Перезимівля пшениці озимої. Агробізнес сьогодні. 2021. № 05(444). С. 24–25. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9692

15. 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. DOI: 10.31073/agrovisnyk202103-07

16. Rivero R.M., Mittler R., Blumwald E. Developing climate-resilient crops: improving plant tolerance to stress combination. Plant J. 2022. No 109(2). P. 373–389.

17. Zandalinas S.I., Fritschi F.B., Mittler R. Signal transduction networks during stress combination. Journal of Experimental Botany. 2020. No 71(5). P. 1734–1741.

18. Формування стійкості рослин насіннєвої люцерни в умовах різного екологічного градієнта / Р. Вожегова та ін. Вісник аграрної науки. 2023. № 101(3). Р. 53–62.

19. Pyramiding of high grain weight with stripe rust and leaf rust resistance in elite Indian wheat cultivar using a combination of marker assisted and phenotypic selection / S. Kaur et al. Front Genet. 2020. No 11. 593426 p. DOI: 10.3389/fgene.2020.593426

20. Скромний С., Антомонова Л. Мікроелементи рятують урожай, або як упоратися з наслідками спекотної весни. Зерно. 2018. № 5(146). С. 72–88.

21. Методика досліджень агроекосистем / Л.М. Карпук та ін. Біла Церква, 2024. 256 с.

22. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб. Статистична обробка результатів досліджень / А.О. Рожков та ін. Харків: Майдан, 2016. Кн. 2. 352 с.

REFERENCES

1. Boiko, P.I., Kovalenko, N.P. (2024). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia vysokoproduktyvnykh sortiv pshenytsi ozymoi u naukovo obgruntovanykh sivozminakh v umovakh zminy klimatu [Improving the technologies of growing high-yielding varieties of winter wheat in scientifically based crop rotations under climate change conditions]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific Reports of the National University of Sciences of Ukraine]. no. 1(107). DOI: 10.31548/dopovidi.1(107).2024.012.

2. Kyrylchuk, A.M., Dutova, H.A., Hryniv, S.M., Orlenko, O.B., Bezprozvana, I.V., Kulyk, T.Y., Makarchuk, B.M. (2024). Yield plasticity of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different soil and climatic conditions of Ukraine. Plant varieties studying and protection. no. 20(1), pp. 58–68.

3. Lytvynenko, M.A. (2010). Realizatsiia henetychnoho potentsialu. Problemy produktyvnosti ta yakosti zerna suchasnykh sortiv ozymoi pshenytsi [Problems of productivity and grain quality of modern winter wheat varieties]. Nasinnytstvo [Seed production]. no. 6, pp. 1–6.

4. Morhun, V.V., Rybalka, O.I., Dubrovna, O.V. (2021). Henetychne polipshennia roslyn: osnovni naukovi dosiahnennia ta innovatsiini rozrobky [Genetic improvement of plants: main scientific achievements and innovative developments]. Fiziolohiia roslyn i henetyka [Plant Physiology and Genetics]. Vol. 53, no. 2, pp. 112–127. DOI: 10.15407/frg2021.02.112.

5. Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskyi, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, T., Fedoruk, Y., Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. Agronomy Research. Vol. 19, no. 2, pp. 540–551. DOI: 10.15159/AR.21.071.

6. Kryzhanivskyi, V.H. (2024). Urozhainist ta yakist krashchykh konstantnykh selektsiinykh linii pshenytsi ozymoi pope-rednoho sortovyprobuvannia selektsii UNUS [Yield and quality of the best constant breeding lines of winter wheat after preliminary variety testing of UNUS breeding]. Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]. no. 25, pp. 124–128.

7. Zheng, Y., Cai, Z., Wang, Z., Zhang, G. (2025). The genetics and breeding of heat stress tolerance in wheat: advances and prospects. Plants. Vol. 14, no. 2, 148 p. DOI: 10.3390/plants14020148.

8. Salimi, A., Abu-Zaitoun, S.Y., Carranza-Gallego, G. (2025). Genetic diversity and climate change adaptation in wheat: a systematic review. Frontiers in Sustainable Food Systems. Vol. 9. Art. 1504922. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1504922

9. Korkhova, M.M., Nikonchuk, N.V., Panfilova, A.V. (2021). Adaptyvnyi potentsial novykh sortiv pshenytsi ozymoi v umovakh Pivdennoho Stepu

Ukrainy [Adaptive potential of new winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavria Scientific Bulletin]. Vol. 122, pp. 48–55.

10. Ustynova, H.L., Samoilyk, M.O., Lozinskyi, M.V., Ulich, O.L., Ulich, L.I. (2023). Produktyvnist i adaptyvni vlastyvosti novykh sortiv pshenytsi [Productivity and adaptive properties of new wheat varieties]. Ahronom [Agronomist]. 2023. Available at: https://www.agronom.com.ua/ produktyvnist-i-adaptyvni-vlastyvosti-novyh-sortiv-pshenytsi/.

11. Ray, D.K., Gerber, J.S., Macdonald, G.K., West, P.C. (2015). Climate Variation Explains a Third of Global Crop Yield Variability. Nat. Commun. no. 6, 5989 p. DOI: 10.1038/ncomms6989

12. Rezaei, E., Siebert, S., Manderscheid, R., Mueller, J., Mahrookashani, A., Ehrenpfordt, B., Haensch, J., Weigel, H., Ewert, F. (2018). Quantifying the Response of Wheat Yields to Heat Stress: The Role of the Experimental Setup. Field Crops Res. no. 217, pp. 93–103. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.12.015

13. Powell, J.P., Reinhard, S. (2016). Measuring the Effects of Extreme Weather Events on Yields, Weather Clim. Extremes. no. 12, pp. 69–79. DOI: 10.1016/j.wace.2016.02.003

14. Korkhova, M.M. (2021). Perezymivlia pshenytsi ozymoi [Overwintering of winter wheat]. Ahrobiznes sohodni [Agribusiness Today]. no. 05(444), pp. 24–25. Available at: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9692.

15. 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 [Peculiarities of breeding varieties of soft winter wheat of the steppe ecotype in connection with climate change in the conditions of the South of Ukraine]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 3(816), pp. 53–62. DOI: 10.31073/agrovisnyk202103-07

16. Rivero, R.M., Mittler, R., Blumwald, E. (2022). Developing climate resilient crops: improving plant tolerance to stress combination. Plant J. no. 109(2), pp. 373–389.

17. Zandalinas, S.I., Fritschi, F.B., Mittler, R. (2020). Signal transduction networks during stress combination. Journal of Experimental Botany. no. 71(5), pp. 1734–1741.

18. Vozhehova, R., Tyshchenko, A., Tyshchenko, O., Piliarska, O., Fundyrat, K., Konovalova, V. (2023). Formuvannia stiikosti roslyn nasinnievoi liutserny v umovakh riznoho ekolohichnoho hradiienta [Formation of resistance of alfalfa seed plants under conditions of different ecological gradients]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 101(3), pp. 53–62.

19. Kaur, S., Kaur, J., Mavi, G.S., Dhillon, G.S., Sharma, A., Singh, R., Devi, U., Chhuneja, P. (2020). Pyramiding of high grain weight with stripe rust and leaf rust resistance in elite Indian wheat cultivar using a combination of marker assisted and phenotypic selection. Front Genet. no. 11, 593426 p. DOI: 10.3389/fgene.2020.593426

20. Skromnyi, S., Antomonova, L. (2018). Mikroelementy riatuiut urozhai, abo Yak uporatysia z naslidkamy spekotnoi vesny [Microelements save the harvest, or How to cope with the consequences of a hot spring]. Zerno [Grain]. no. 5(146), pp. 72–88.

21. Karpuk, L.M., Rozhkov, A.O., Shokh, S.S., Filipova, L.M., Pavlichenko, A.A., Kubrak, S.M., Shubenko, L.A., Hlevaskyi, V.I., Titarenko, O.S. (2024). Metodyka doslidzhen ahroekosystem [Methods of agroecosystem scientific research]. Bila Tserkva, 256 p.

22. Rozhko, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii navch. posib. [Research work in agronomy]. Statystychna obrobka rezultativ doslidzhen [Statistical processing results research]. Kharkiv, Maidan, book 2, 352 p.

Spike Length Formation in Soft Winter Wheat Varieties of Different Maturity Groups

Ustynova H., Karpuk L., Yurchenko A., Obrazhii S.

The development of highly adaptive winter wheat varieties capable of maintaining stable productivity under changing environmental conditions is an important objective of modern plant breeding. One of the key traits associated with yield formation is spike length, which reflects both the genetic potential of a genotype and its response to environmental factors.

The aim of this study was to evaluate the adaptability of modern winter bread wheat varieties based on homeostasis parameters and the breeding value of spike length under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

Field experiments were conducted during 2017–2020 at the experimental field of Bila Tserkva National Agrarian University. Fourteen winter wheat varieties belonging to different maturity groups were studied. Statistical analysis included the determination of the arithmetic mean, minimum and maximum values, variance, coefficient of variation, homeostasis index, and breeding value of the trait.

The results showed that the length of the main spike varied from 6.8 cm (the ‘Yednist’ variety) to 9.7 cm (the ‘Chornyava’ variety), with an average value of 7.8 cm. The highest spike length was recorded for the varieties ‘Chornyava’, ‘Kolchuga’, ‘Myronivska 61’, ‘Lisova Pisnia’, and ‘Dobirna’. The coefficient of variation ranged from 4.1 % to 21.8 %, indicating different levels of phenotypic stability among the studied genotypes.

High homeostasis was observed in the varieties ‘Znakhidka Odeska’, ‘Vidrada’, ‘Chornyava’,

'Lisova Pisnia', 'Stolychna', and 'Myronivska 61'. The varieties 'Vidrada', 'Stolychna', 'Chornyava', and 'Myronivska 61' demonstrated the highest breeding value for spike length, combining high trait stability with favorable expression of the studied parameter.

The identified varieties are promising genetic sources for breeding programs aimed at developing highly adaptive winter wheat cultivars.

Key words: winter wheat, spike length, adaptability, homeostasis, breeding value, variety evaluation, Forest-Steppe of Ukraine.

Copyright: Устинова Г.Л. 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:
Устинова Г.Л. https://orcid.org/0000-0002-3056-358X
Карпук Л.М. https://orcid.org/0000-0002-2303-7899
Юрченко А.І. https://orcid.org/0009-0009-5915-2053
Ображій С.В. https://orcid.org/0000-0002-3532-6655

АГРОНОМІЯ

УДК 633.111.1«321»: 631.527:(631.559+004.12)

Особливості формування показників продуктивності та якості зерна у колекційних зразків пшениці м'якої ярої

Федоренко М.В., Федоренко І.В., Близнюк Р.М., Олефіренко Б.А., Довбиш О.С.

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

Федоренко І.В. E-mail: ira_mip@ukr.net

Федоренко М.В., Федоренко І.В., Близнюк Р.М., Олефіренко Б.А., Довбиш О.С. Особливості формування показників продуктивності та якості зерна у колекційних зразків пшениці м'якої ярої. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 187–197.

Fedorenko M., Fedorenko I., Blyzniuk R., Olefirenko B., Dovbysh O. Features of the formation of grain productivity and quality indicators in collected samples of spring bread wheat. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 187–197.

Рукопис отримано: 16.02.2026 р.
Прийнято: 03.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-187-197

ISSN 2310-9270

За результатами досліджень ідентифіковано колекційні зразки пшениці м'якої ярої як джерела цінних господарських ознак, що сприяє ефективності селекційної роботи зі створення високопродуктивних сортів, які відповідають вимогам сучасного виробництва. Мета роботи передбачала виділити зразки генофонду за цінними ознаками та залучити їх у селекційний процес для створення високопродуктивного вихідного матеріалу в умовах Лісостепу України. Дослідження проведено у 2021–2025 рр. в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Матеріалом для досліджень слугували 575 колекційних зразків різного еколого-географічного походження, що дозволило охопити широкий спектр генетичного різноманіття. Виділено джерела пшениці м'якої ярої для їх залучення в наукові та селекційні програми як вихідний матеріал під час створення нових сортів за ознаками: елементи структури продуктивності (довжина колоса, кількість колосків у колосі, кількість зерен з колоса, маса зерна з колоса): Еритроспермум 22–01 (UKR), MUCUY, FITIS, BAV92/SERI (MEX), Anabel (CZE), Quintus, Matthus, Melissos (DEU), Licamero (FRA), Yangmai 15, Tianmin 184, (CHN) та показники якості зерна (вміст білка, вміст сирої клейковини, показник седиментації): Ракансам, Секе, Целинная нива (KAZ), Еритроспермум 22–01 (UKR), Yangmai 15, Ningchun 9, Gingchun 533, Hingchun 26 (CHN), KWS Collada (DEU). Необхідно зазначити, що зразки Еритроспермум 22–01 та Yangmai 15 поєднують високі показники як продуктивності, так і якості зерна, що робить їх особливо цінними для створення сортів з комплексом цінних господарських ознак. Отже, результати досліджень свідчать про значний потенціал використання колекційного матеріалу пшениці ярої у селекційній роботі та доцільність їх залучення до програм гібридизації з метою формування високопродуктивного вихідного матеріалу.

Ключові слова: пшениця яра, елементи структури врожаю, вміст білка та сирої клейковини, показник седиментації, селекція.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Відомо, що генетичні ресурси рослин мають ключове значення для забезпечення продовольчої, економічної, екологічної та соціальної безпеки як у глобальному масштабі, так і в межах кожної окремої країни. Для якісного ведення селекційної роботи необхідно використовувати генетичні ресурси, які мають комплекс цінних ознак і здатні формувати високу врожайність у поєднанні з відмінною якістю зерна [1–3]. Виробництво зерна залишається провідною галуззю сільського господарства України. Доведено, що оптимальний розвиток структурних елементів

продуктивності зернових колосових культур пов'язаний з певними фазами розвитку рослин [4–6]. За результатами досліджень В.М. Юли та К.М. Олійника [7], а також J. Macholdt & B. Honermeier [8] високої продуктивності посівів пшениці можна досягти лише за умови оптимального співвідношення між складниками продуктивності, які закладаються на ранніх етапах розвитку рослин і формуються у процесі вегетації. Незважаючи на багато напрацювань у цьому напрямку, слід зауважити, що більшість механізмів підвищення продуктивності рослин наразі до кінця не вивчені і потребують подальших досліджень. Втім, не лише рівень урожаю є основним показником, на який спрямовується селекційний процес. Не менш важливим завданням селекціонерів є створення таких сортів пшениці, які б забезпечували високоякісне зерно за будь-яких агроекологічних умов під час вирощування культури. Для прогнозування успішності селекції важливо знати співвідношення генотипового та фенотипового складників кожної з ознак. Як вважають селекціонери, сорт не має права на існування, якщо він не здатний формувати високоякісне зерно. Тому сучасна селекція сортів пшениці на якість зерна є складним високотехнологічним процесом [9, 10]. Серед основних умов успішної селекційної роботи є якнайширше використання генетичного різноманіття вихідного матеріалу різного еколого-географічного походження з комплексом цінних ознак і властивостей [11–14]. Створення нових сортів і гібридів із високим рівнем продуктивності, якості продукції, адаптивності до умов вирощування базується на ефективному використанні генетичного різноманіття культурних рослин [15–18]. Отже, для оптимізації та підвищення ефективності селекційних досліджень важливим є всебічне вивчення вихідного генетичного матеріалу, створеного різними методами, зокрема за показниками якості. Це дозволяє не лише виявити його потенційні можливості, а також визначити стратегічні напрями та методологічні підходи для впровадження в селекційні програми. У результаті цього процесу можна досягти значного підвищення урожайності, а також поліпшити якісні характеристики зерна, що є важливими аспектами для забезпечення продовольчої безпеки та конкурентоспроможності аграрного сектору країни [19–22].

Мета досліджень передбачала виділити зразки генофонду пшениці м'якої ярої за цінними ознаки та залучити їх у селекційний процес для створення високопродуктивного вихідного матеріалу в умовах Лісостепу України.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено у 2021–2025 рр. в Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП). Матеріалом для досліджень слугували 575 колекційних зразків різного еколого-географічного походження пшениці м'якої ярої. За стандарт використовували сорт Елегія миронівська. Попередник – соя. Сівбу колекційних зразків проводили сівалкою СКС-6-10Ц з нормою висіву 450 насінин на 1 м^2, облікова площа ділянки (одного зразка) – 1 м^2, повторність досліду п'ятиразова. Фенологічні спостереження проведено згідно з методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур [23]. Для якісної характеристики сприятливості умов середовища вираховували гідротермічний коефіцієнт [24]. Статистичні параметри: середні арифметичні ($\bar{x}$), мінімальні значення (x_{min}), максимальні значення (x_{max}) обраховано за методикою селекційного експерименту (в рослинництві) [21]. Аналіз якості зерна колекційних зразків проведено в лабораторії якості зерна МІП за загальноприйнятими методиками [25].

Результати дослідження та обговорення. У період проведення досліджень (2021–2025 рр.) погодні умови відрізнялись від середніх багаторічних показників за температурним режимом, кількістю атмосферних опадів та їх розподілом в окремі періоди росту і розвитку рослин пшениці м'якої ярої (табл. 1). У 2021 р. середньодобова температура за період сівба – сходи становила +6,9 °С, що практично відповідало середньобагаторічному значенню +7,1 °С. Кількість опадів цього періоду (45,3 мм) сприяла появі дружніх сходів пшениці м'якої ярої. У період від сходів до виходу в трубку середньодобова температура становила +12,6 °С, що нижче від середніх багаторічних показників на 0,1 °С, а також період характеризувався надмірною кількістю опадів (133,8 мм), що перевищує середню багаторічну норму (58,0 мм) більше, ніж у 2,3 рази. За період від виходу в трубку до колосіння температура повітря знаходилась на позначці +18,0 °С, що вище середньої багаторічної норми на 1,6 °С. У період колосіння – повна стиглість температура повітря становила +22,4 °С, що вище середніх багаторічних даних на 2,8 °С. Опадів у цей період випало більше середньої багаторічної норми на 123,1 мм, що не сприяло формуванню високого врожаю. Відповідно до отриманих даних, гідротермічний коефіцієнт становив 2,49, що відповідає надмірному рівню зволоження.

Таблиця 1 – **Гідротермічні умови за періодами вегетації пшениці м'якої ярої,** 2021–2025 рр.

Період	Параметри	Роки досліджень					Середні багато-річні дані
		2021	2022	2023	2024	2025	
Сівба – сходи	Дата сівби	01.04	24.03	23.03	23.03	20.03	-
	Дата сходів	25.04	10.04	10.04	06.04	04.04	-
	Тривалість, діб	24	17	18	14	15	-
	∑ опадів, мм	45,3	42,8	54,6	44,3	23,0	37,0
	Середня t,°C	6,9	7,8	8,3	10,2	8,6	7,1
	ГТК	2,72	3,02	3,47	2,82	4,21	2,36
Сходи – вихід у трубку	Дата сходів	25.04.	10.04	10.04	06.04	04.04	-
	Дата виходу в трубку	05.06	01.06.	24.05	20.05	18.05	-
	Тривалість, діб	41	52	44	44	44	-
	∑ опадів, мм	133,8	84,7	57,4	71,5	47,5	58,0
	Середня t,°C	12,6	12,5	12,5	13,4	11,2	12,5
	ГТК	2,38	1,34	0,86	1,21	1,6	1,41
Вихід у трубку – колосіння	Дата виходу в трубку	05.06	01.06	24.05	20.05	18.05	-
	Дата колосіння	12.06	08.06	07.06	02.06	05.06	-
	Тривалість, діб	7	7	14	13	18	-
	∑ опадів, мм	39,3	0,7	19,9	26,1	27,9	48,0
	Середня t,°C	18,0	19,8	18,2	19,8	17,7	16,4
	ГТК	2,73	0,04	0,73	0,94	0,88	1,85
Колосіння – повна стиглість	Дата колосіння	12.06	08.06	07.06	02.06	05.06	-
	Дата повної стиглості	25.07	20.07	25.07	14.07	28.07	-
	Тривалість, діб	43	43	48	43	53	-
	∑ опадів, мм	251,1	92,5	199,2	102,4	42,3	128,0
	Середня t,°C	22,4	20,9	20,6	22,7	20,6	19,6
	ГТК	2,52	1,05	1,97	1,05	0,39	1,67
∑t (факт.),°C за період активної вегетації		1703,0	1675,9	2058,5	1999,7	1877,0	1579,2
Вегетаційний цикл, діб		115	119	124	114	130	-
ГТК		2,49	1,06	1,34	1,22	0,75	1,72

У 2022 р. весна за часом настання була ранньою та прохолодною, середньодобова температура за період сівба – сходи становила +7,8 °C, що вище на 0,7 °C порівняно до середніх багаторічних показників. Достатня кількість опадів цього періоду (42,8 мм) сприяла появі дружних сходів. У період від сходів до виходу в трубку середньодобова температура відповідала середньому багаторічному показнику та становила +12,5 °C, забезпечення вологою в цей період було на рівні 84,7 мм, що вище від середнього багаторічного показника на 26,7 мм.

У період від виходу в трубку до колосіння температура повітря знаходилась на позначці +19,8 °C, що вище середньої багаторічної норми на 3,4 °C, тимчасом забезпеченість опадами у цей період була практично нульовою (0,7 мм). У період колосіння – повна стиглість температура повітря становила +20,9 °C, що вище середніх багаторічних даних на 1,3 °C, хоча опадів (92,5 мм) випало менше середньої багаторічної норми на 35,5 мм, проте це не мало значного впливу на формування урожайності пшениці м'якої ярої. Відповідно до отриманих даних, гідротермічний

коефіцієнт становив 1,06, що відповідає оптимальному рівню зволоження. У розрізі окремих періодів онтогенезу пшениці ярої спостерігали різний гідротермічний режим: сівба – сходи супроводжувався надмірним зволоженням (ГТК = 3,02); оптимальне зволоження спостерігали у періоди сходи – вихід у трубку та колосіння – повна стиглість (ГТК = 1,34; 1,05 відповідно); сильну посуху спостерігали у період вихід у трубку – колосіння, коли ГТК становив лише 0,04.

У 2023 р. в період сівба – сходи середньодобова температура повітря становила +8,3 °С, що вище середніх багаторічних показників на 1,2 °С, період супроводжувався надлишковим зволоженням (54,6 мм), що вище у 1,5 раза порівняно із середньою багаторічною нормою (37,0 мм). У міжфазний період сходи – вихід у трубку середньодобова температура повітря була в межах середньої багаторічної норми (+12,5 °С). У період від виходу в трубку до колосіння температура повітря знаходилась на позначці +18,2 °С, що вище середньої багаторічної норми на 1,8 °С, тимчасом опадів у цей період випало всього лише 19,9 мм, що нижче від середньої багаторічної норми у 2,4 рази (48,0 мм). У період колосіння – повна стиглість температура повітря становила +20,6 °С, що вище середніх багаторічних даних на 1,0 °С. У цей міжфазний період опадів випало 199,2 мм, що у 1,5 рази вище середньої багаторічної норми (128,0 мм). ГТК становив 1,34, що відповідає оптимальному рівню зволоження. В окремо взятих періодах спостерігали наступну картину: надмірним зволоженням характеризувались міжфазні періоди сівба – сходи та колосіння – повна стиглість (ГТК = 3,47 та 1,97 відповідно), посушливими умовами характеризувалися періоди сходи – вихід у трубку та вихід у трубку – колосіння, де ГТК становив 0,86 та 0,73 відповідно.

У період сівба – сходи в 2024 р. середньодобова температура повітря становила +10,2 °С, що вище середніх багаторічних показників на 3,1 °С; період супроводжувався також надлишковим рівнем зволоженням – ГТК = 2,82. У міжфазний період сходи – вихід у трубку середньодобова температура повітря була в межах середньої багаторічної норми (13,4 °С). Загальновідомо, що у фазу кущіння починають з'являтися корені. Одночасно з утворенням бічних пагонів формується вторинна коренева система, основна частина якої розміщується в орному шарі ґрунту. У цей час відбувається закладання майбутнього врожаю. Пагони, що утворились у фазу кущіння, відіграють важливу роль в підвищенні продуктивності рослин. Найкраще кущаться та формують стеблову і кореневу систему рослини за температури 10–14 °С, а для подальшого розвитку оптимальною є температура 16–20 °С для колосіння і наливу зерна та 23–25 °С – для достигання [16]. Опадів випало на рівні 71,5 мм, що були близькими до середньої багаторічної норми – 58,0 мм, при цьому спостерігали оптимальні умови зволоження (ГТК = 1,21). У період від виходу в трубку до колосіння температура повітря знаходилась на позначці 19,8 °С, що вище середньої багаторічної норми на 3,4 °С. Міжфазний період вихід у трубку – колосіння є критичним у житті рослин зернових культур, тоді відбувається найбільший приріст вегетативної маси, тому рослини потребують значної кількості води [16]. Опадів у цей міжфазний період випало лише 26,1 мм, що менше порівняно до середньої багаторічної норми на 21,9 мм. Гідротермічний коефіцієнт знаходився на рівні 0,94, що відповідає посушливим умовам, це не сприяло формування високого рівня врожайності. У період колосіння – повна стиглість температура повітря становила 22,7 °С, що вище середніх багаторічних даних на 3,1 °С. У цей міжфазний період опадів випало 102,4 мм, що нижче середньої багаторічної норми (128,0 мм), але це оптимальні умови зволоження, що підтверджується показником ГТК – 1,05. За вегетаційний період гідротермічний коефіцієнт становив 1,22, що відповідає оптимальному рівню зволоження.

Аналізуючи погодні умови 2025 р., слід зазначити, що середньодобова температура повітря у період сівба – сходи становила +8,6 °С, що вище середніх багаторічних показників на 1,5 °С; це супроводжувалося також надлишковим зволоженням. У міжфазний період сходи – вихід у трубку середньодобова температура повітря була в межах +11,2 °С. У період від виходу в трубку до колосіння температура повітря знаходилась на позначці +17,7 °С, що нижче середньої багаторічної норми на 1,3 °С, тимчасом опадів у цей період випало лише 27,9 мм, що нижче від середньої багаторічної норми (48,0 мм). У період колосіння – повна стиглість температура повітря становила +20,6 °С, що вище середніх багаторічних даних на 1,0 °С. У цей міжфазний період опадів випало лише 42,3 мм за середньої багаторічної норми 128,0 мм. В окремо взятих періодах спостерігали наступну картину: надмірним зволоженням характеризувались міжфазні періоди сівба – сходи та сходи – вихід у трубку (ГТК = 4,21 та 1,60 відповідно), посушливими умовами характеризувались періоди вихід у трубку – колосіння

(ГТК = 0,88) і колосіння – повна стиглість – дуже сильна посуха, коли ГТК становив 0,39.

Отже, відмінності за погодними умовами за період досліджень дозволили отримати достовірні дані щодо рівня формування потенціалу продуктивності пшениці м'якої ярої та оцінити вплив кліматичного фактору на мінливість і прояв рівня кількісних ознак.

Колекційні зразки різного еколого-географічного походження в роки досліджень виявили значну мінливість щодо формування елементів продуктивності (табл. 2). Більшість зразків пшениці м'якої ярої, як і стандарт Елегія миронівська, сформували колос середньої довжини – 8,0–9,9 см, при цьому рівень прояву змінювався від 5,3 см у 2021 р. до 13,0 см у 2022 р.

Найбільший розмах мінливості спостерігали у 2022 р. – 6,7 см, а найменший – 4,7 см – у 2024 р. За даними структурного аналізу середня кількість колосків у колосі у зразків знаходилася у межах від 14,7 шт. (2024 р.) до 16,9 шт. (2021 р.). За роки досліджень розмах варіювання змінювався від 5,7 до 8,7 шт. За роками досліджень виявлено, що середня кількість зерен у колосі знаходилася на рівні від 28,9 (2024 р.) до 48,9 шт. (2022 р.), при цьому розмах варіювання становив від 18,5 (2024 р.) до 29,9 шт. (2021 р.). Виявлено, що колекційний матеріал мав диференціацію за масою зерна з колоса з варіюванням від 1,3 г (2024 р.) до 1,9 г (2022 р.). По досліду розмах мінливості змінювався від 0,7 г (2024 р.) до 1,5 г (2022 р.) (табл. 2).

Практичний інтерес для селекційної роботи становлять колекційні зразки пшениці м'якої ярої різного еколого-географічного походження за комплексом досліджуваних ознак (табл. 3): Еритроспермум 22–01 (UKR), MUCUY, FITIS, BAV92/SERI (MEX), Anabel (CZE), Quintus, Matthus, Melissos (DEU), Licamero (FRA), Yangmai 15, Tianmin 184 (CHN), що рекомендовані як батьківські компоненти для схрещувань у програмах зі створення сортів з високим потенціалом продуктивності.

Таблиця 2 – **Параметри варіювання елементів структури продуктивності колоса колекційних зразків пшениці м'якої ярої** (2021–2025 рр.)

Показник	$\bar{x}$ [1]	Lim min–max[2]	R[3]
2021 р.			
Довжина колоса, см	8,4	5,3–10,4	5,1
Кількість колосків з колоса, шт.	16,9	14,3–20,0	5,7
Кількість зерен з колоса, шт.	41,9	28,9–58,8	29,9
Маса зерна з колоса, г	1,7	1,0–2,3	1,3
2022 р.			
Довжина колоса, см	9,6	6,3–13,0	6,7
Кількість колосків з колоса, шт.	16,3	14,0–20,7	6,7
Кількість зерен з колоса, шт.	48,9	39,0–62,7	23,7
Маса зерна з колоса, г	1,9	1,3–2,8	1,5
2023 р.			
Довжина колоса, см	8,3	6,6–12,9	6,3
Кількість колосків з колоса, шт.	15,4	12,0–18,3	6,3
Кількість зерен з колоса, шт.	29,9	21,2–41,0	19,8
Маса зерна з колоса, г	1,6	1,1–2,1	1,0
2024 р.			
Довжина колоса, см	8,0	6,7–11,4	4,7
Кількість колосків з колоса, шт.	14,7	13,6–19,8	6,2
Кількість зерен з колоса, шт.	28,9	22,8–41,3	18,5
Маса зерна з колоса, г	1,3	1,1–1,8	0,7
2025 р.			
Довжина колоса, см	9,3	6,2–11,7	5,5
Кількість колосків з колоса, шт.	15,0	10,8–19,5	8,7
Кількість зерен з колоса, шт.	35,7	24,5–47,4	22,9
Маса зерна з колоса, г	1,7	1,2–2,3	1,1

Примітка: 1. $\bar{x}$– середнє значення; 2. min, max – мінімальне і максимальне значення; 3. R – розмах варіювання.

Таблиця 3 – **Показники елементів продуктивності колоса колекційних зразків пшениці м'якої ярої** (2021–2025 рр.)

Назва зразка, сорт-стандарт	Країна походження	Довжина колоса, см	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість зерен з колоса, шт.	Маса зерен з колоса, г
Елегія миронівська – St	**UKR**	**9,4**	**16,4**	**38,1**	**1,6**
MUCUY	MEX	9,9	17,4	37,8	1,8
BAV92/SERI	MEX	9,6	16,9	39,0	1,8
Anabel	CZE	9,8	17,3	39,2	1,8
Matthus	DEU	9,7	17,1	38,9	1,8
Quintus	DEU	9,6	17,1	38,6	1,8
Melissos	DEU	9,9	16,8	38,7	1,7
Licamero	FRA	9,7	17,0	39,1	1,7
Yangmai 15	CHN	9,8	17,3	38,9	1,7
Tianmin 184	CHN	9,7	16,9	38,4	1,7
Еритроспермум 22-01	UKR	9,6	16,9	38,7	1,7
FITIS	MEX	9,5	16,8	38,7	1,6
$\bar{x}$	-	9,7	17,0	38,7	1,7

Примітка: $\bar{x}$ – середнє значення за 2021–2025 рр.

Проведено аналіз за ознаками якості зерна колекційних зразків пшениці м'якої ярої за показниками вмісту білка, вмісту сирої клейковини і седиментації та встановлено їх мінливість (табл. 4).

За роки досліджень (2021–2025 рр.) вміст білка варіював в межах від 8,4 % (2021 р.) до 15,6 % (2024 р.). Найвищі середні значення зафіксовано у 2021 р. (11,9 %) та 2024 р. (11,7 %), тимчасом найнижчі – у 2023 р. (10,1 %) і 2025 р. (10,0 %). Найбільший розмах варіації відмічено у 2021 р. (7,1), що свідчить про значну різноманітність генотипів. Вміст сирої клейковини змінювався в межах від 20,8 до 31,8 %. Найвищий середній показник зафіксовано у 2021 р. (27,5 %), дещо нижчий – у 2024 р. (26,3 %). У 2022, 2023 та 2025 рр. показники були помітно нижчими (22,9–23,9 %). Варіація була відносно стабільною (5,9–8,1). Показник седиментації характеризувався значним рівнем варіювання від 28 до 80 мл. Найвищі середні значення виявлено у 2021 та 2023 рр. (по 56 мл), а найнижче – у 2022 р. (45 мл). Найбільша варіабельність спостерігалася у 2025 р. (R = 52), що свідчить про значну неоднорідність зразків за цим показником.

Отже, результати свідчать про мінливість показників якості зерна зразків пшениці м'якої ярої. Найсприятливішими за сукупністю показників виявлено 2021 та 2024 рр., тимчасом 2023 і 2025 рр. характеризувалися нижчими значеннями вмісту білка та клейковини. Це може бути пов'язано з впливом погодних умов у різні роки досліджень.

За результатами досліджень (2021–2025 рр.) ідентифіковано низку генотипів, які належать до групи цінних пшениць: Ракансам, Секе, Целинная нива (KAZ), Еритроспермум 22–01 (UKR), Yangmai 15, Ningchun 9, Gingchun 533, Hingchun 26 (CHN), KWS Collada (DEU) (табл. 5), що рекомендовані як високоякісні батьківські компоненти для схрещувань.

Отже, за результатами проведених досліджень виділено колекційні зразки пшениці м'якої ярої різного еколого-географічного походження, які доцільно розглядати як джерела для їх залучення до наукових і селекційних програм як вихідного матеріалу. Генотипи характеризуються комплексом цінних господарських ознак, що визначають їх перспективність у селекції. Зокрема, ідентифіковані генотипи вирізняються високим рівнем прояву елементів структури продуктивності (довжина колоса, кількість колосків у колосі, кількість зерен з колоса, маса зерна з колоса) та показників якості зерна (вміст білка, вміст сирої клейковини, показник седиментації). Комплексна оцінка цих ознак свідчить про доцільність використання виділених зразків як ефективних джерел у селекції, спрямованій на поєднання високої продуктивності з поліпшеними якісними показниками зерна. Їх залучення сприятиме розширенню генетичного різноманіття вихідного матеріалу та підвищенню ефективності створення нових високопродуктивних і якісних сортів пшениці м'якої ярої.

Таблиця 4 – **Параметри варіювання показників якості зерна колекційних зразків пшениці м'якої ярої** (2021–2025 рр.)

Показник	$\bar{x}$[1]	Lim min–max[2]	R[3]
2021 р.			
Вміст білка, %	11,9	8,4–15,5	7,1
Вміст сирої клейковини, %	27,5	23,7–31,8	8,1
Показник седиментації, мл	56	32–71	39
2022 р.			
Вміст білка, %	11,4	9,4–14,9	5,5
Вміст сирої клейковини, %	23,9	20,8–28,4	7,6
Показник седиментації, мл	45	30–61	31
2023 р.			
Вміст білка, %	10,1	9,4–13,0	3,6
Вміст сирої клейковини, %	22,9	20,9–28,4	7,5
Показник седиментації, мл	56	47–73	26
2024 р.			
Вміст білка, %	11,7	10,0–15,6	5,6
Вміст сирої клейковини, %	26,3	23,3–31,2	7,9
Показник седиментації, мл	48	34–68	34
2025 р.			
Вміст білка, %	10,0	8,6–13,0	4,4
Вміст сирої клейковини, %	23,9	21,1–27,0	5,9
Показник седиментації, мл	53	28–80	52

Примітка: 1. $\bar{x}$– середнє значення; 2. min, max – мінімальне і максимальне значення; 3. R – розмах варіювання.

Таблиця 5 – **Показники якості зерна колекційних зразків пшениці м'якої ярої** (2021–2025 рр.)

Назва зразка, сорт-стандарт	Країна похід-ження	Вміст білка, %	Вміст сирої клейко-вини, %	Показник седиме-нтації, мл
Елегія миронівська – St	**UKR**	**11,9**	**26,3**	**44**
Еритроспермум 22-01	UKR	12,9	26,8	53
Gingchun 533	CHN	12,8	27,1	54
Секе	KAZ	12,7	25,3	50
Hingchun 26	CHN	12,4	27,0	52
Целинная нива	KAZ	12,4	25,6	54
Yangmai 15	CHN	12,3	27,1	57
KWS Collada	DEU	12,3	26,7	55
Ракансам	KAZ	12,1	26,0	51
Ningchun 9	CHN	12,0	28,0	51
$\bar{x}$	-	12,4	26,6	53

Примітка: $\bar{x}$ – середнє значення за 2021–2025 рр.

За результатами багаторічних досліджень створено і зареєстровано у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України ознакову колекцію пшениці м'якої ярої за цінними господарськими ознаками (Свідоцтво № 00360 від 18.12.2025 р.). До ознакової колекції залучені зразки та зразки-еталони зі стабільно підтвердженим рівнем прояву ознак. За походженням насамперед залучали зразки вітчизняної селекції, оскільки вони більш адаптовані до місцевих умов, а у випадку відсутності таких – іноземні зразки. До ознакової колекції генофонду відібрано 56 зразків, які походять з 10 країн світу. Це зразки з України, Казахстану, Німеччини, Мексики, Польщі, Чехії, Канади, Франції, Швеції та Швейцарії. Колекція представлена трьома різновидностями (var. *lutescens*, var. *erythrospermum*, var. *graecum*). Зразки ознакової колекції генофонду *Triticum aestivum* L.

становлять цінність для селекційної роботи як джерела цінних господарських ознак в умовах Лісостепу України.

Висновки. Протягом 2021–2025 рр. проведено оцінку 575 зразків пшениці м'якої ярої за ознаками продуктивності (довжина колоса, кількість колосків з колоса, кількість і маса зерен з колоса) та якості зерна (вміст білка і сирої клейковини, показник седиментації). Виявлено, що практичний інтерес для селекційної роботи становлять колекційні зразки пшениці м'якої ярої: Еритроспермум 22–01 (UKR), MUCUY, FITIS, BAV92/SERI (MEX), Anabel (CZE), Quintus, Matthus, Melissos, KWS Collada (DEU), Licamero (FRA), Yangmai 15, Tianmin 184, Ningchun 9, Gingchun 533, Hingchun 26 (CHN), Ракансам, Секе, Целинная нива (KAZ) різного еколого-географічного походження. Ці зразки рекомендовані як батьківські компоненти для схрещувань у програмах зі створення сортів з високим потенціалом продуктивності та якості зерна.

Перспективи подальших досліджень. Виділено колекційні зразки пшениці м'якої ярої, які є джерелами цінних господарських ознак і можуть бути використані як вихідний матеріал у подальшій селекційній роботі для створення нових високопродуктивних і якісних сортів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гопцій Т.І., Рожков Р.В., Чуйко Д.В., Турчинова Н.П. Роль вчення про світові генетичні ресурси у формуванні майбутнього селекціонера. Модернізація вищої освіти та забезпечення якості освітньої діяльності в умовах європейської інтеграції: матеріали Міжнародної науково-методичної конференції. Харків, 2024. С. 286–288.

2. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments / J. Bélanger, D. Pilling (Eds.). Rome, 2019. 572 p. URL: http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf

3. Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries / D. Gerten et al. Nature Sustainability. 2020. Vol. 3(3). P. 200–208. DOI: 10.1038/s41893-019-0465-1

4. Назаренко М.М., Горщар В.І. Мінливість за врожайністю та якістю зерна колекції сортів пшениці озимої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 108–115. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.12

5. The contribution of yield components in determining the productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / E. Harasim et al. Acta Agrobotanica. 2016. Vol. 69. No 3. 10 p. DOI: 10.5586/aa.1675

6. Кернасюк Ю.В. Глобальний ринок пшениці: кон'юнктура і тренди. Агробізнес Сьогодні. 2021. № 22(437). С. 12–16.

7. Юла В.М., Олійник К.М. Управління продуктивними процесами пшениці за агробіологічним контролем розвитку елементів продуктивності. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2013. № 3–4. С. 36–45. URL: file:///C:/Users/HP/Downloads/znpzeml_2013_3-4_8.pdf

8. Macholdt J., Honermeier B. Yield stability in winter wheat production: A survey on German farmers' and advisors' views. Agronomy. 2017. Vol. 7. No 3. 18 p. DOI: 10.3390/agronomy7030045

9. Починок В.М., Маменко Т.П., Тарасюк О.І. Основні фактори впливу на реалізацію генетичного потенціалу пшениці та покращення якості зерна. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2017. Т. 21. С. 174–177. DOI: 10.7124/FEEO.v21.830

10. Демидов О.А., Сіроштан А.А. Вплив погодних умов і агротехнічних заходів на посівні якості насіння та врожайність пшениці озимої. Агроекологічний журнал. 2018. № 1. С. 74–80. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2018.160564

11. Холод С.М., Вискуб Р.С. Характеристика географічно віддалених зразків пшениці м'якої озимої розсадника 20-sup-TH-sup FAWWON-SA в зоні Південного Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 4. № 2. С. 144–152. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134760

12. Singh K., Gupta K., Tyagi V., Rajkumar S. Plant genetic resources in India: management and utilization. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24. No 3. P. 306–314. DOI: 10.18699/VJ20.622

13. Aubry S. The future of digital sequence information for plant genetic resources for good and agriculture. Froniers in Plant Science. 2019. Vol. 10. 1046. p. DOI: 10.3389/fpls.2019.01046

14. Designing wheat ideotypes to cope with future changing climate in South-Eastern Australia / B. Wang et al. Agricultural Systems. 2019. Vol. 170. P. 9–18. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.12.005

15. Rapid development and characterization of chromosome specific trans location line of *Thinopyrum elongatum* with improved dough strength / A. Kumar et al. Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. 1593 p. DOI: 10.3389/fpls.2017.01593

16. Січкар С.М., Великожон Л.Г., Дубровна О.В. Аналіз локусів Glu1 у гібридів *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2017. Т. 21. С. 187–192. DOI: 10.7124/FEEO.v21.833

17. Гетьман О.О., Дубовик Н.С., Кириленко В.В. Особливості зав'язування зерен у F_1 при схрещуванні *Triticum aestivum* L. та *Triticum spelta* L. Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції. Умань, 2021. С. 45–47.

18. Діордієва І.П. Лінії пшениці спельти Уманського національного університету садівництва. Генетичні ресурси рослин. 2018. № 23. С. 32–39. DOI: 10.36814/pgr.2018.23.02

19. Формування показників якості зерна у спельтоподібних чорнобильських радіомутантів

пшениці озимої / Ю.А. Долгальова та ін. Аграрні інновації. 2025. №. 30. С. 204–213. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.30.29

20. Інтродукція рослин як пріоритетний напрям наукової і практичної діяльності Національного центру генетичних ресурсів рослин України / В.К. Рябчун та ін. Генетичні ресурси рослин. 2019. № 24. С. 11–26. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.01

21. Новак Ж.М., Синьоок І.В. Характеристика ліній пшениці твердої ярої селекції Уманського національного університету садівництва. Генетичні ресурси рослин. 2024. № 34. С. 16–24. DOI: 10.36814/pgr.2024.34.02

22. Тромсюк В.Д., Бондаренко О.В. Пластичність і стабільність колекційних зразків озимого тритикале різного походження за врожайністю зерна. Генетичні ресурси рослин. 2024. № 34. С. 25–33. DOI: 10.36814/pgr.2024.34.03

23. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Охорона прав на сорти рослин: Офіційний бюлетень. Київ: Алефа, 2003. Вип. 2. Ч. 3. 241 с.

24. Методика селекційного експерименту (у рослинництві) / Е.Р. Ермантраут та ін. Харків: Видавництво Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2014. 229 с. URL: NP_Metodyka_selektsiynoho_eksperymentu_2014.pdf

25. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 21 с.

REFERENCES

1. Hoptsii, T.I., Chuiko, D.V., Turchynova, N.P. (2024). Rol vchennia pro svitovi henetychni resursy u formuvanni maibutnoho selektsionera [The role of the study of world genetic resources in the formation of future breeder]. Modernizatsiia vyshchoi osvity ta zabezpechennia yakosti osvitnoi diialnosti v umovakh yevropeiskoi intehratsii: materily Mizhnarodnoi naukovo-metodychnoi konferentsii [Modernization of higher education and ensuring the quality of educational activities in the context of European integration: Proceedings of the International Scientific and Methodological Conference]. Kharkiv, pp. 286–288.

2. Bélanger, J., Pilling, D. (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome, 572 p. Available at: http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf

3. Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B.L., Fetzer, I., Jalava, M., Kummu, M., Lucht, W., Rockström, J., Schaphoff, Schellnhuber, H.J. (2020). Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. Nature Sustainability. Vol. 3 (3), pp. 200–208. DOI: 10.1038/s41893-019-0465-1

4. Nazarenko, M.M., Horshchar, V.I. (2019). Minlyvist za vrozhainistiu ta yakistiu zerna kolektsii sortiv pshenytsi ozymoi [Variability by yield and grain quality of winter wheat varieties collection]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]. no. 1, pp. 108–115. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.12

5. Harasim, E., Wesołowski, M., Kwiatkowski, C., Harasim, P., Staniak, M., Feledyn-Szewczyk, B. (2016). The contribution of yield components in determining the productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta Agrobotanica. Vol. 69 (3), 10 p. DOI: 10.5586/aa.1675

6. Kernasiuk, Yu.V. (2021). Hlobalnyi rynok pshenytsi: koniunktura i trendy [Global wheat market: business situation and trends]. Ahrobiznes Sohodni [Agribusiness Today]. no. 22(437), pp. 12–16.

7. Yula, V.M., Oliinyk, K.M. (2013). Upravlinnia produktyvnymy protsesamy pshenytsi za ahrobiolohichnym kontrolem rozvytku elementiv produktyvnosti [Management of wheat production processes using agrobiological control of the development of productivity elements]. Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN" [Collection of scientific works of the National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS"]. no. 3–4, pp. 36–45. Available at: file:///C:/Users/HP/Downloads/znpzeml_2013_3-4_8.pdf

8. Macholdt, J., Honermeier, B. (2017). Yield stability in winter wheat production: A survey on German farmers' and advisors' views. Agronomy. Vol. 7 (3), 18 p. DOI: 10.3390/agronomy7030045

9. Pochynok, V.M., Mamenko, T.P., Tarasiuk, O.I. (2017). Osnovni factory vplyvu na realizatsiiu henetychnoho potentsialu pshenytsi ta pokrashchennia yakosti zerna [Key factors affecting on implementation genetic potential wheat and improving quality of grain]. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv [Factors in experimental evolution of organisms]. Vol. 21, pp. 174–177. DOI: 10.7124/FEEO.v21.830

10. Demydov, O.A., Siroshtan, A.A. (2017). Vplyv pohodnykh umov i ahrotekhnichnykh zakhodiv na posivni yakosti nasinnia ta vrozhainist pshenytsi ozymoi [Influence of ecological and agrotechnical conditions on yield and sowing quality of winter wheat seeds]. Ahroekolohichnyi zhurnal [Agroecological Journal]. no. 1, pp. 74–80. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2018.160564

11. Kholod, S.M., Vyskub, R.S. (2018). Kharakterystyka heohrafichno viddalenykh zrazkiv pshenytsi miakoi ozymoi rozsadnyka 20-sup-TH-sup FAW-WON-SA v zoni Pivdennoho Lisostepu Ukrainy [Characteristic of geographically distant samples of winter soft wheat from 20TH FAW-WON-SA nursery in the southern Forest-Steppe of Ukraine]. Plant Varieties Studying and Protection. Vol. 14 (2), pp. 144–152. DOI: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134760

12. Singh, K., Gupta, K., Tyagi, V., Rajkumar, S. (2020). Plant genetic resources in India: management and utilization. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii [Vavilov Journal of Genetics and Breeding]. Vol. 24 (3), pp. 306–314. DOI: 10.18699/VJ20.622

13. Aubry, S. (2019). The future of digital sequence information for plant genetic resources for food and agriculture. Frontiers in Plant Science. Vol. 10, 1046 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.01046

14. Wang, B., Feng, P., Chen, Ch., Liu D.L., Waters, C., Yu, Q. (2019). Designing wheat ideotypes to

cope with future changing climate in South-Eastern Australia. Agricultural Systems. Vol. 170, pp. 9–18. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.12.005

15. Kumar, A., Garg, M., Kaur, N., Chunduri, V., Sharma, S., Misser, S., Kumar, A., Tsujimoto, H., Dou, Q.-W., Gupta, R.K. (2017). Rapid development and characterization of chromosome specific trans location line of *Thinopyrum elongatum* with improved dough strength. Frontiers in Plant Science. Vol. 8, 1593 p. DOI: 10.3389/fpls.2017.01593

16. Sichkar, S.M., Velykozhon, L.H., Dubrovna, O.V. (2021). Analiz lokusiv Glu1 u hibrydiv *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L. [Analysis of Glu-1 loci in hybrid *Triticum spelta* L. × *Triticum aestivum* L.]. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv [Factors in experimental evolution of organisms]. Vol. 21, pp. 187–192. DOI: 10.7124/FEEO.v21.833

17. Hetman, O.O., Dubovyk, N.S., Kyrylenko, V.V. (2021). Osoblyvosti zaviazuvannia zeren u F_1 pry skhreshchuvanni *Triticum aestivum* L. ta *Triticum spelta* L. [Peculiarities of grain setting in F_1 when crossing *Triticum aestivum* L. and *Triticum spelta* L.]. Henetyka i selektsiia v suchasnomu ahrokompleksi: materialy VI Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Genetics and breeding in the modern agricultural complex: Proceedings of the VI All-Ukrainian Scientific and Practical Conference]. Uman, pp. 45–47.

18. Diordiieva, I.P. (2018). Linii pshenytsi spelty Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Spelt wheat lines of Uman national university of horticulture]. Henetychni resursy roslyn [Plant Genetic Resources]. no. 23, pp. 32–39. DOI: 10.36814/pgr.2018.23.02

19. Dolhalova, Yu.A., Lozinskyi, M.V., Yurchenko, A.I., Ustynova, H.L., Samoilyk, M.O. (2025). Formuvannia pokaznykiv yakosti zerna u speltopodibnykh chornobylskykh radiomutantiv pshenytsi ozymoi [Formation of grain quality indicators in spelt-like Chernobyl radiomutants of winter wheats]. Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]. no. 30, pp. 204–213. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.30.29

20. Riabchun, V.K., Kuzmyshyna, N.V., Boguslavskyi, R.L., Bezuglaya, O.M., Muzafarova, V.A., Bondarenko, V.M., Dokukina, K.I. (2019). Introduktsiia roslyn yak priorytetnyi napriam naukovoi i praktychnoi diialnosti Natsionalnoho tsentru henetychnykh roslyn Ukrainy [Plant introduction as a priority direction of scientific and practical activity of the National Centre for Plant Genetic Resources of Ukraine]. Henetychni resursy roslyn [Plant Genetic Resources]. no. 24, pp. 11–26. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.01

21. Novak, Zh.M., Synook, I.V. (2024). Kharakterystyka linii pshenytsi tverdoi yaroi selektsii Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Characteristics of durum spring wheat lines bred at Uman National University of Horticulture]. Henetychni resursy roslyn [Plant Genetic Resources]. no. 34, pp. 16–24. DOI: 10.36814/pgr.2024.34.02

22. Tromsiuk, V.D., Bondarenko, O.V. (2024). Plastychnist i stabilnist kolektsiinykh zrazkiv ozymoho trytykale riznoho pokhodzennia za vrozhainistiu zerna [Plasticity and stability of collection winter triticale accessions of different origins in terms of grain yield]. Henetychni resursy roslyn [Plant Genetic Resources]. no. 34, pp. 25–33. DOI: 10.36814/pgr.2024.34.03

23. Metodyka provedennia ekspertyzy ta derzhavnoho vyprobuvannia sortiv roslyn zernovykh, krupianykh ta zrnobobovykh kultur [Methodology for examination and state testing plant varieties of the cereal, grain and leguminous crops]. Okhorona prav na sorty roslyn: Ofitsiinyi biuleten [Plant variety protection: Official bulletin]. Kyiv, Alefa, 2003, Issue 2, Part 3, 241 p.

24. Ermantraut, E.R., Hoptsii, T.I., Kalenska, S.M., Kryvoruchenko, R.V., Turchynova, N.P., Prysiazhniuk, O.I. (2014). Metodyka selektsiinoho eksperymentu (u roslynnytstvi) [Methods of breeding experiment (in plant science)]. Kharkiv, Publ. House of Kharkiv National Agrarian University, 229 p. Available at: NP_Metodyka_selektsiynoho_eksperymentu_2014.pdf

25. DSTU 3768:2019. Pshenytsia. Tekhnichni umovy [DSTU 3768:2019. Wheat. Specifications]. Kyiv, DP "UkrNDNTs", 2019. 21 p.

Features of the formation of grain productivity and quality indicators in collected samples of spring bread wheat

Fedorenko M., Fedorenko I., Blyzniuk R., Olefirenko B., Dovbysh O.

According to the research results, collection samples of spring bread wheat were identified as sources of valuable agronomic traits, contributing to the effectiveness of breeding programs aimed at developing highly productive varieties that meet the requirements of modern agriculture.

The aim of the study was to identify gene pool accessions with valuable traits and to involve them in the breeding process for the development of highly productive source material under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

The research was conducted in 2021–2025 at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of the NAAS of Ukraine. The material included 575 collection samples of diverse ecological and geographical origin, which made it possible to cover a wide range of genetic diversity.

Collection samples of spring bread wheat were identified for their potential use in scientific and breeding programs as source material for developing new varieties based on the following traits: yield components (spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, and grain weight per spike), including Erythrospermum 22-01 (UKR), MUCUY, FITIS, BAV92/SERI (MEX), Anabel (CZE), Quintus, Matthus, Melissos (DEU),

Licamero (FRA), Yangmai 15, Tianmin 184 (CHN); and grain quality traits (protein content, wet gluten content, sedimentation index), including Rakansam, Seke, Tselinnaya niva (KAZ), Erythrospermum 22-01 (UKR), Yangmai 15, Ningchun 9, Jingchun 533, Hingchun 26 (CHN), and KWS Collada (DEU).

It should be noted that the samples Erythrospermum 22-01 and Yangmai 15 combine high levels of both productivity and grain quality, making them particularly valuable for developing varieties with a complex of desirable agronomic traits.

Thus, the results indicate significant potential for the use of spring bread wheat collection material in breeding and support the feasibility of its inclusion in hybridization programs to develop **highly productive source material.**

Key words: spring wheat, yield components, protein and wet gluten content, sedimentation value, breeding.

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

ORCID iD:
Федоренко М.В. https://orcid.org/0000-0002-3021-3643
Федоренко І.В. https://orcid.org/0000-0001-5471-6475
Близнюк Р.М. https://orcid.org/000-0002-8645-2539
Олефіренко Б.А. https://orcid.org/0000-0002-6652-9199
Довбиш О.С. https://orcid.org/0009-0003-8729-9112

АГРОНОМІЯ

УДК 633.34:631.847:631.559:631.582

Вплив біопрепаратів на врожайність та якісні показники насіння сої за гідротермічного стресу в умовах органічного землеробства

Чайка Т.О.[1], Короткова І.В.[2], Ляшенко В.В.[2], Лотиш І.І.[1]

[1] *ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»*

[2] *Полтавський державний аграрний університет*

Чайка Т.О. E-mail: chaika_ta@ukr.net

Чайка Т.О., Короткова І.В., Ляшенко В.В., Лотиш І.І. Вплив біопрепаратів на врожайність та якісні показники насіння сої за гідротермічного стресу в умовах органічного землеробства. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 198–209.

Chaika T., Korotkova I., Liashenko V., Lotysh I. Effects of biopreparations on soybean yield and seed quality under hydrothermal stress in organic farming systems. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 198–209.

Рукопис отримано: 04.03.2026 р.
Прийнято: 19.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-198-209

ISSN 2310-9270

В умовах органічного виробництва та посилення гідротермічних коливань актуальним є пошук біологічних засобів підвищення продуктивності сої та забезпечення якості насіння. Метою дослідження було визначити ефективність комплексного застосування біопрепаратів різної функціональної дії – арбускулярних мікоризних грибів, азотфіксуючих бактерій і фітогормональних регуляторів – у формуванні врожайності та біохімічного складу насіння сої за змінних погодних умов. Польові дослідження проводили у 2022–2024 рр. у Лівобережному Лісостепу України на ранньостиглому сорті сої Хорол за системи органічного землеробства. Дослід включав вісім варіантів застосування біопрепаратів: контроль, Profix, Віолар, Мікофренд та їх різні комбінації. Вміст білка й олії визначали методом ближньої інфрачервоної спектроскопії, а фізіолого-біохімічні показники (відносний вміст води (ВВВ) у листках, продихову провідність (ПП), вміст абсцизової кислоти (АБК) і малонового діальдегіду (МДА)) оцінювали у фазу цвітіння (BBCH 61). Статистичну обробку результатів здійснювали із застосуванням дисперсійного аналізу (ANOVA), тесту Тьюкі HSD, кореляційного аналізу Пірсона й аналізу головних компонентів. Найбільш ефективним виявилося поєднане застосування трьох біопрепаратів, яке забезпечило врожайність 2,96–3,57 т/га, що на 40,6–59,1 % перевищувало контроль. Підвищення врожайності було зумовлене насамперед збільшенням кількості насінин на рослину (до 130 шт.), тимчасом маса 1000 насінин змінювалася незначно. Зафіксовано також зростання вмісту білка (до 5,7 відсоткових пунктів) і підвищення олійності насіння до 19,3 %. У посушливіших умовах 2024 р. комбіновані обробки сприяли підтриманню вищого водного статусу рослин (до 91,9 %), зниженню вмісту МДА (на 47,7 % відносно контролю) й АБК (на 34,1 %). Встановлено тісний позитивний зв'язок між ВВВ та врожайністю (r = 0,92) і сильну обернену кореляцію між вмістом АБК та ПП (r = -0,98). Отримані результати свідчать, що використання комплексної системи біопрепаратів у технології органічного вирощування сої сприяє стабілізації продуктивності та підвищенню поживної цінності насіння за контрастних гідротермічних умов.

Ключові слова: *Glycine max* L., арбускулярні мікоризні гриби, азотфіксуючі бактерії, фітогормональні регулятори, вміст білка, олійність насіння, відносний вміст води, продихова провідність, абсцизова кислота, малоновий діальдегід.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сільськогосподарська галузь наразі перебуває під подвійним впливом комплексних абіотичних стресорів і зростання населення світу. Абіотичні стресори становлять постійну загрозу для продуктивності сільського господарства, що призводить до потенційного скорочення врожайності до 70 % [1]. При цьому соя є основною олійною культурою світового виробництва зі стабільною динамікою зростання [2], що пояснюється можливістю універсального використання насіння, особливо для харчових та кормових цілей [3]. Зростаючий попит і поява нових сортів зі стабільною врожайністю та якісним насінням сприяють подальшому розширенню площ вирощування сої у світі [4]. Проте реалізація продуктивного потенціалу культури дедалі більше обмежується передусім гідротермічною нестабільністю вегетаційного сезону.

Мікробні біостимулятори на основі арбускулярних мікоризних грибів (АМГ), ризобій, ризосферних бактерій, що сприяють росту рослин (PGPR), і фітогормонів розглядаються як перспективний інструмент підвищення продуктивності та стресостійкості сої [5, 6]. Симбіотичні взаємодії з АМГ покращують поглинання фосфору і води, активують антиоксидантні ферменти та знижують інтенсивність перекисного окиснення ліпідів, стабілізуючи клітинні мембрани за посухи [7, 8]. Асоціації з *Bradyrhizobium japonicum* забезпечують біологічну фіксацію атмосферного азоту і стимулюють розвиток кореневої системи, однак інтенсифікація азотного живлення може супроводжуватися перерозподілом асимілятів з ліпідної фракції на користь білкової [9, 10]. Спільна інокуляція *B. japonicum* і АМГ підвищувала врожайність, поліпшувала водний статус рослин і знижувала оксидативне пошкодження мембран за умов польового водного дефіциту [11, 12]. Застосування трикомпонентних мікробних консорціумів додатково покращувало вміст білка та олії в насінні, причому ефект зростав пропорційно до ускладнення складу консорціуму [13].

Фітогормональні біостимулятори доповнюють мікробні інокулянти через регуляцію балансу між ростовими процесами і захисними реакціями. Абсцизова кислота (АБА) відіграє центральну роль у контролі продихової провідності та активації антиоксидантних систем за водного дефіциту [14, 15], тимчасом ауксини, цитокініни й гібереліни здатні оптимізувати фітогормональний баланс і посилювати стресостійкість рослин [16, 17]. Інтеграція таких метаболітів з АМГ і ризобіями забезпечує синергетичні ефекти на ключові фізіолого-біохімічні процеси, сприяючи підвищенню продуктивності культур за несприятливих умов вирощування [18].

Незважаючи на значний масив лабораторних даних, інформація про порівняльну ефективність моно- та багатокомпонентних систем мікробних і фітогормональних біостимуляторів щодо врожайності, структурних компонентів урожаю та якісних показників насіння сої (вміст білка, олії, загального азоту) за варіабельних гідротермічних умов у польових дослідах органічного землеробства Лівобережного Лісостепу України залишається обмеженою.

Метою дослідження є оцінка впливу мікробних біостимуляторів на основі АМГ (*Glomus* sp., *Trichoderma harzianum* + PGPR), азотфіксуючого інокулянта (*Bradyrhizobium japonicum*) та фітогормонального препарату на врожайність, структурні компоненти врожаю, якість насіння та фізіолого-біохімічний стан рослин сої за варіабельних гідротермічних умов в органічній системі виробництва.

Матеріал та методи дослідження. Польові дослідження виконували протягом 2022–2024 рр. у агроекологічних умовах Лівобережного Лісостепу України (Кременчуцький район Полтавської області). Об’єктом дослідження був ранньостиглий сорт сої Хорол (оригінатор – ТОВ «Науково-дослідний інститут сої»).

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем залишково-солонцюватий на лесових відкладах. За результатами агрохімічного аналізу орного шару (0–20 см), проведеного на мультипараметричному фотометрі Palintest SK500 (Palintest Ltd., UK), встановлено: pHKCl 6,3 (слабкокисла реакція); гумус – 5,2 % (високий); загальний азот і рухомий фосфор – відповідно 58,6 мг/кг і 78,3 мг/кг (середній рівень забезпечення); обмінний калій – 138,4 мг/кг (високий).

Дослід закладено методом рандомізованих блоків у чотирикратній повторності. Загальна площа становила 0,3 га, облікова – 0,1 га.

Агротехнічні заходи відповідали зональним вимогам органічної технології вирощування [19] і включали: 1) осінню оранку оборотним плугом після попередника (ячмінь ярий); 2) весняне боронування важкою шлейфовою бороною для закриття вологи; 3) передпосівну культивацію стерньовим культиватором; 4) досходове (фаза «білої ниточки») та післясходове боронування сітчастою бороною Striegel; 5) дві міжрядні культивації.

Сівбу проводили в оптимальні для кожного року строки (20 квітня – 5 травня) на глибину 5 см. Ширина міжрядь – 38 см, норма висіву – 700 тис. схожих насінин/га.

Спостереження за погодними умовами та динамікою опадів здійснювалися щорічно протягом вегетаційного періоду (травень–серпень), що дало змогу оцінити ступінь зволоження з використанням гідротермічного коефіцієнта (ГТК) Г. Т. Селянінова [20]. Погодні умови вегетаційного періоду сої протягом 2022–2024 рр. характеризувалися значною варіабельністю гідротермічного режиму (рис. 1), що дозволило класифікувати їх як: 2022 р. – сприятливий; 2023 р. – надзвичайно сприятливий; 2024 р. – стресовий (гідротермічний дефіцит) [21].

Для оцінки ефективності застосування біологічних засобів в органічному виробництві сої відібрано три препарати з різними механізмами дії та потенціалом синергетичних взаємодій: 1) Мікофренд® (БТУ-Центр, Україна) – комплекс мікоризних грибів (*Glomus* sp., *Trichoderma harzianum*) і ризосферних бактерій (*Pseudomonas fluorescens*, Streptomyces sp., *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *B. muciloginosus*, *B. subtilis*, *Enterobacter* sp.); 2) Profix® (Certis Belchim, Бельгія) – містить три штами бульбочкових бактерій: *Bradyrhizobium japonicum* USDA442 (532 C) та *B. diazoefficiens* SEIMA 5079 і SEIMA 5080; 3) Віолар® (ТОВ «ІК «Біоінвест-Агро», Україна) – фітогормональний препарат, що містить ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизову кислоту, вільні амінокислоти, ліпіди та стероли.

Схема досліду включала вісім варіантів застосування біопрепаратів, наведених у попередньому дослідженні [18]: схема 1 – контроль (вода); схема 2 – Profix; схема 3 – Віолар; схема 4 – Мікофренд; схема 5 – Profix + Віолар; схема 6 – Мікофренд + Profix; схема 7 – Мікофренд + Віолар; схема 8 – Мікофренд + Profix + Віолар. Обробку насіння проводили перед посівом (за 30–60 хв) із дотриманням рекомендованих норм витрати, обприскування посівів – у фазу BBCH 61 (початок цвітіння).

Відносний вміст води (ВВВ) у листках визначали щотижня впродовж семи тижнів за стандартною формулою [22]; детальний опис процедури наведено в [18].

Вміст абсцизової кислоти (АБК) у листках визначали методом флуоресцентної спектроскопії на спектрометрі PerkinElmer LS-45; підготовку екстрактів виконували за протоколом [23].

Продихову провідність (ПП) вимірювали порометром SC-1 (Decagon Devices, Inc., США) з інтервалом вимірювань 30 с у чотирьох повторностях на варіант.

Концентрацію малонового діальдегіду (МДА) у листкових тканинах визначали у фазу BBCH 61 за методикою [24].

Рис. 1. **Динаміка опадів, середньомісячної температури та гідротермічного коефіцієнту впродовж вегетаційного періоду вирощування сої**, 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

Вміст білка у насінні сої визначали у фазу повної стиглості (R8) після збирання врожаю методом ближньої інфрачервоної спектроскопії (NIR) на аналізаторі AgriCheck Plus (Bruins Instruments, Німеччина) з використанням калібрувальної моделі для сої. Результат виражали у відсотках від сухої речовини.

Вміст загального азоту (N, %) розраховували за формулою:

$$N = \frac{\text{Вміст білка,\%}}{5{,}71},$$

де 5,71 – коефіцієнт перерахунку для сої [25].

Вміст олії у насінні сої визначали у фазу повної стиглості (R8) після збирання врожаю методом NIR на аналізаторі AgriCheck Plus (Bruins Instruments, Німеччина) із застосуванням калібрування, валідованого для сої. Показники подано у відсотках від сухої речовини.

Масу 1000 насінин визначали у фазу повної стиглості (R8) на очищеному насінні. Для кожної повторності відліковували 1000 насінин та зважували їх, після чого показник перераховували до стандартної вологості 14,0 % для забезпечення порівнянності між варіантами та роками.

Кількість насінин з рослини визначали у фазу повної стиглості (R8) перед збиранням урожаю. У кожній повторності випадково відбирали 10 рослин із центральної частини ділянки для уникнення крайового ефекту. Рослини зрізали на рівні ґрунту, підсушували та обмолочували вручну, після чого підраховували кількість насінин і обчислювали середнє значення на одну рослину.

Рослини збирали вручну з облікових ділянок після попереднього скошування надземної маси; урожайність перераховували на стандартну вологість 14 % і виражали в т/га.

Для кожного року окремо розраховано середнє значення ($\bar{x}$) та стандартну похибку (SE) для кожного варіанта. Відмінності між варіантами в межах року оцінено однофакторним дисперсійним аналізом (one-way ANOVA) з подальшим post hoc-тестом Тьюкі HSD ($P < 0{,}05$). Для інтегральної оцінки взаємозв'язків застосовано аналіз головних компонент (PCA) на основі стандартизованих даних. Кореляційні зв'язки оцінювали за коефіцієнтом Пірсона (r) на основі $\bar{x}$ для кожної комбінації «рік × варіант» ($n = 24$) із визначенням статистичної значущості за $P < 0{,}05$. Статистичну обробку та візуалізацію виконано в RStudio® (R Core Team, version 4.4.3).

Результати дослідження та обговорення. Аналіз результатів підтвердив істотну залежність урожайності, що наведена у [18], та біохімічного складу насіння від гідротермічних умов року і системи біологічної інокуляції (рис. 2). Найбільш контрастні відмінності між варіантами спостерігалися у 2024 р., який характеризувався гідротермічним дефіцитом (рис. 1).

На контролі (схема 1) врожайність становила 2,24 т/га у 2022 р., 2,46 т/га у 2023 р. та 1,86 т/га у 2024 р. (зменшення на 24,4 % порівняно з 2023 р.). Монопрепарати (схеми 2–4) забезпечували приріст 0,26–0,56 т/га залежно від року, причому найбільший абсолютний приріст спостерігався у 2023 р. Комбіновані обробки формували виражений комбінований ефект, а схема 8 (Мікофренд + Profix + Віолар) демонструвала найвищі показники в усі роки – 3,15; 3,57 та 2,96 т/га відповідно, що перевищувало контроль на 40,6–59,1 %. Відносна перевага комбінованого варіанта була максимальною саме у стресовому 2024 р.

Середнє за три роки значення врожайності варіювало від 2,19 т/га (контроль) до 3,23 т/га (схема 8), тобто приріст становив 1,04 т/га (47,5 %). Ранжування варіантів за рівнем урожайності залишалося стабільним у всі роки досліджень.

Вміст білка зростав за застосування біопрепаратів. За схеми 1 показник становив 35,63–38,14 %, тимчасом за схем 5–7 – 41,66–42,56 % (залежно від комбінації та року). Максимальні значення зафіксовано за схеми 8 (43,17 % у 2022 р., 43,85 % у 2023 р. та 40,66 % у 2024 р.), що перевищувало схему 1 на 5,0–5,7 в.п. Навіть у посушливому 2024 р. відносна перевага комбінованих обробок зберігалася.

Вміст олії характеризувався іншим типом реакції. За схеми 2 (Profix) дещо знижувалась олійність (17,0–17,5 %), що відображає перерозподіл асимілятів на користь білкового синтезу. Схема 3 (Віолар) сприяла підвищенню олійності до 18,0–18,6 %. Найвищі значення знову отримано за схеми 8 (18,8–19,3 %), що на 1,0–1,2 в.п. перевищувало схему 1. У 2024 р. загальна частка жиру мала тенденцію до зростання, що узгоджується з типовою реакцією сої на водний дефіцит; водночас у комбінованих варіантах зберігався високий вміст білка без вираженого антагонізму між показниками.

Отже, відносна перевага комбінованих обробок за всіма показниками була найбільш вираженою саме у стресовому 2024 р., що свідчить про посилення синергетичного ефекту консорціуму за умов гідротермічного дефіциту.

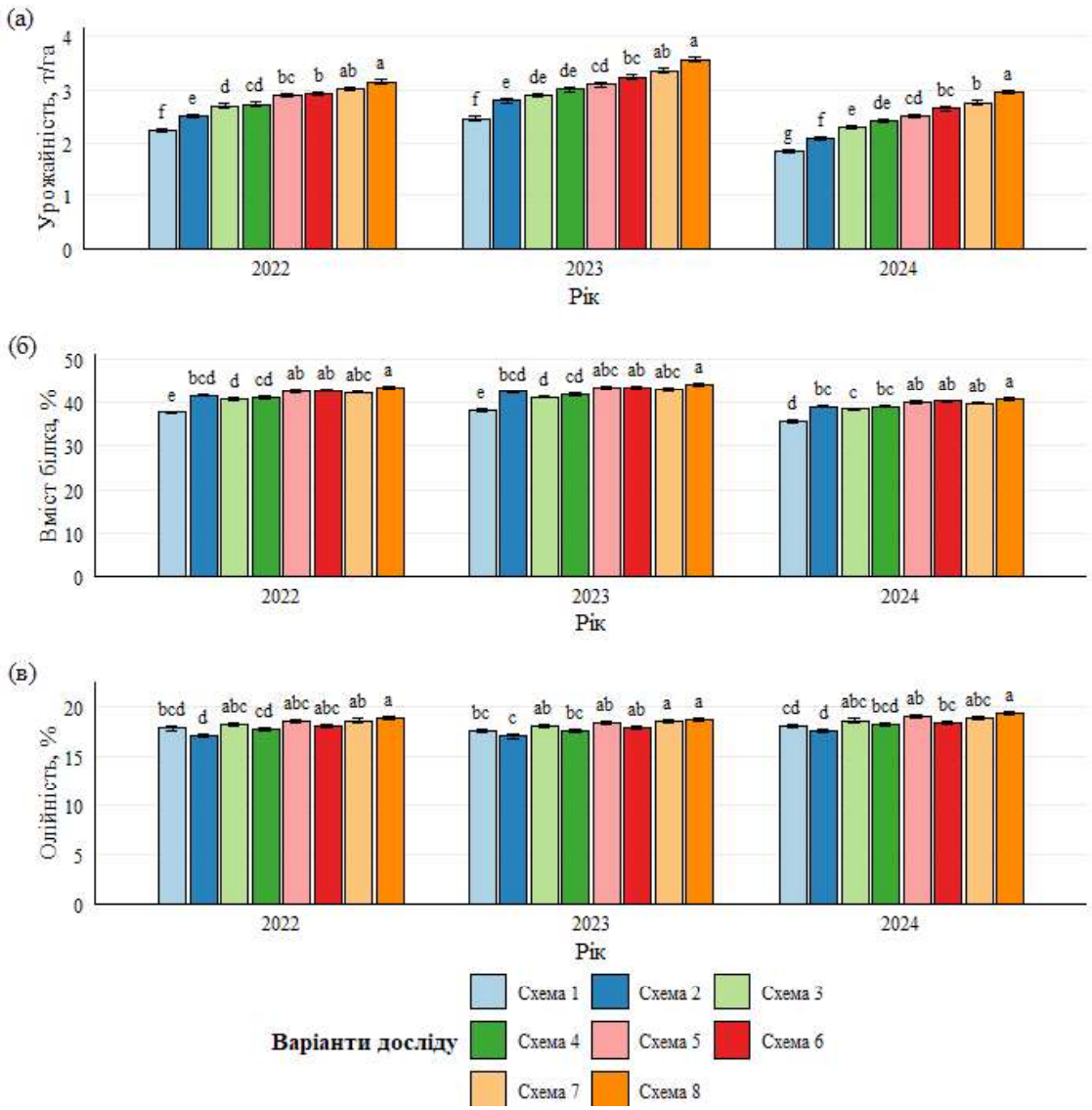


Рис. 2. **Вплив мікробної та гормональної обробки насіння на (а) врожайність, (б) вміст білка в насінні та (с) вміст олії в насінні сої в умовах органічного землеробства,** 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

Примітка: Значення представлені як $\bar{x} \pm SE$ (n = 10). Різні літери вказують на значну різницю між обробками згідно з тестом HSD Тьюкі (P < 0,05). Схема 1 – контроль; схема 2 – Profix; схема 3 – Віолар; схема 4 – Мікофренд; схема 5 – Profix + Віолар; схема 6 – Мікофренд + Profix; схема 7 – Мікофренд + Віолар; схема 8 – Мікофренд + Profix + Віолар.

Варіативність урожайності переважно асоціювалася зі змінами кількості насінин з рослини, тимчасом маса 1000 насінин змінювалася в меншому діапазоні (рис. 3).

За схеми 1 кількість насінин становила 62, 69 та 55 шт. у 2022–2024 рр. відповідно. Біологічні обробки суттєво підвищували цей показник, особливо на комбінованих схемах 5–7 (92–117 шт.). Найвищі значення зафіксовано за схеми 8 – 117, 130 та 103 шт., що перевищувало контроль на 48–61 насінину залежно від року. У 2024 р. саме зменшення кількості насінин з рослини було основним чинником зниження врожайності в усіх варіантах досліду.

Маса 1000 насінин змінювалася у межах 168–171 г за схеми 1 та зростала до 172–179 г за схем 5–7. Максимальні значення відзначено за схеми 8 (179, 181 та 176 г), що на 8–10 г перевищувало контроль. Міжрічна мінливість цього показника була менш вираженою порівняно з варіацією кількості насінин.

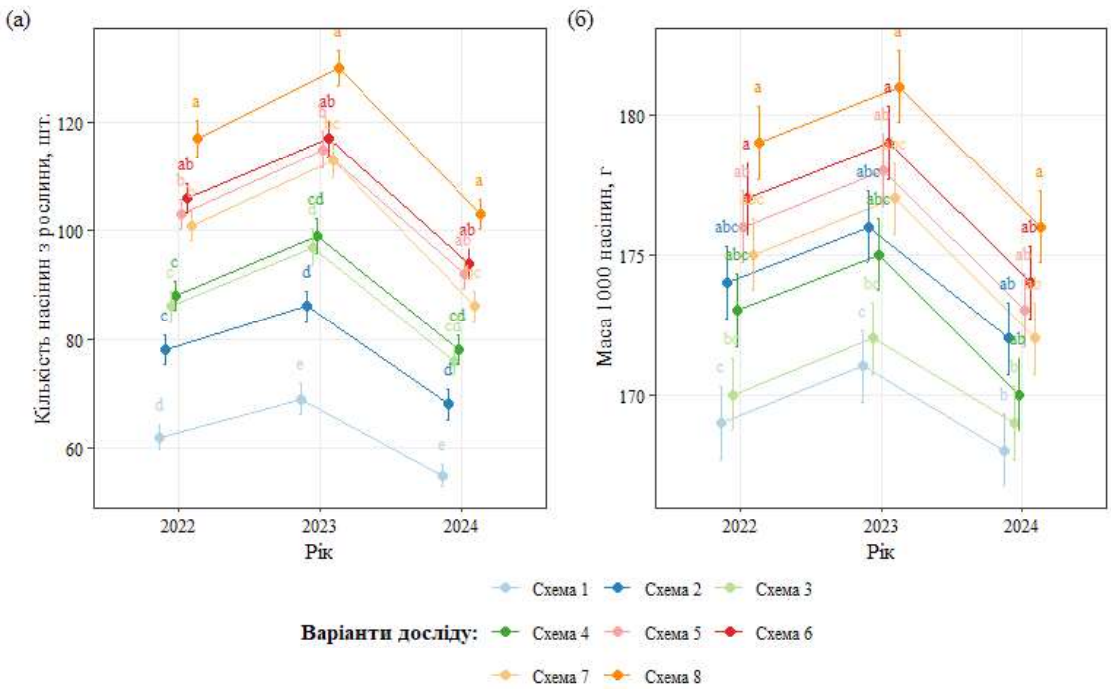


Рис. 3. **Вплив мікробної та гормональної обробки насіння на (а) кількість насінин на рослину та (б) масу 1000 насінин сої в умовах органічного землеробства,** 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

Примітка: Значення представлені як $\bar{x} \pm$ SE (n = 10). Різні літери вказують на значну різницю між обробками згідно з тестом HSD Тьюкі (P < 0,05). Схема 1 – контроль; схема 2 – Profix; схема 3 – Віолар; схема 4 – Мікофренд; схема 5 – Profix + Віолар; схема 6 – Мікофренд + Profix; схема 7 – Мікофренд + Віолар; схема 8 – Мікофренд + Profix + Віолар.

Отже, приріст урожайності визначався насамперед підвищенням репродуктивного компонента врожайності (кількість насінин з рослини), тимчасом маса 1000 насінин виконувала стабілізуючу функцію.

Вміст загального азоту залежав як від року, так і від схеми застосування біопрепаратів (рис. 4). Максимальні значення зафіксовано у 2023 р., мінімальні – у 2024 р.

За схеми 1 показник загального вмісту азоту становив 6,60; 6,68 та 6,24 % у 2022–2024 рр. відповідно. Біологічні препарати підвищували його до 6,84–7,52 %, причому найбільші значення отримано за схеми 8 (7,56; 7,68 та 7,12 %). Перевага над контролем становила 0,88–1,00 в.п.

У 2024 р. зниження вмісту азоту за схеми 1 було більш вираженим, тимчасом у комбінованих схемах 5–8 його рівень залишався відносно стабільним, що свідчить про часткове пом'якшення впливу водного дефіциту. Динаміка змін загального азоту узгоджувалася зі змінами вмісту білка, що вказує на синхронну реакцію азотного метаболізму на дію біопрепаратів.

Інтегральний аналіз взаємозв'язків між фізіологічними параметрами, що наведені у [18], та врожайністю за допомогою аналізу головних компонент (PCA) виявив чітку диференціацію варіантів залежно від гідротермічних умов року (рис. 5). Перша головна компонента (Dim1, 84,7 %) відображала градієнт «водний баланс – оксидативний стрес»: вектори ВВВ, ПП і врожайності були спрямовані в одному квадранті, тимчасом АБК та МДА – у протилежному.

У 2024 р., який характеризувався гідротермічним дефіцитом, на контролі спостерігалося підвищення вмісту АБК до 8,5 нмоль/г і МДА до 17,93 мкг/г, зниження ВВВ до 69,7% і ПП до 0,19 моль/м²·с, що супроводжувалося зменшенням урожайності до 1,86 т/га. За схеми 8 ці показники залишалися суттєво кращими: АБК – 5,6 нмоль/г, МДА – 9,37 мкг/г (зменшення на 47,7 % порівняно з контролем), ВВВ – 91,9 % (зростання на 22,2 в.п.), ПП – 0,39 моль/м²·с. У сприятливі 2022–2023 рр. міжваріантні відмінності були менш контрастними, однак ранжування варіантів залишалося стабільним.

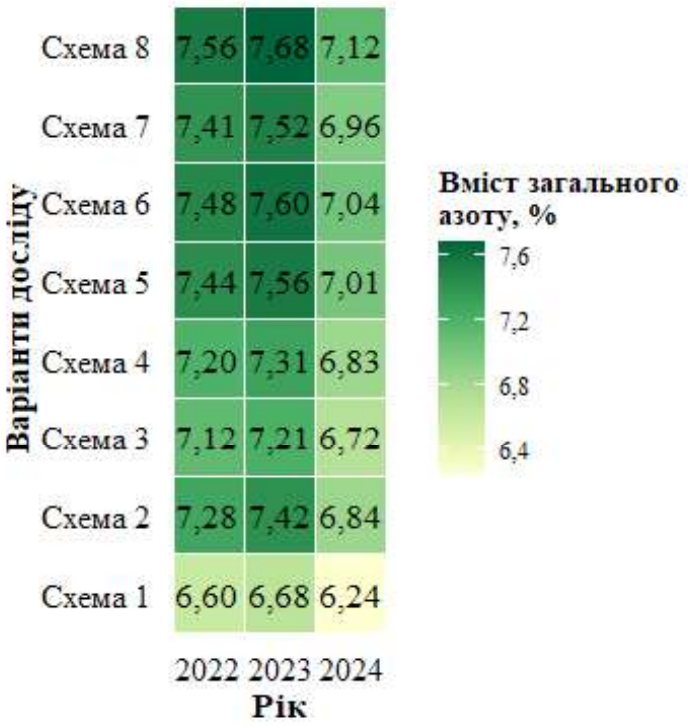


Рис. 4. **Теплова карта впливу мікробної та гормональної обробки насіння на загальний вміст азоту в насінні сої в умовах органічного землеробства,** 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

Примітка: Значення представлені як $\bar{x}$ (n = 10). Схема 1 – контроль; Схема 2 – Profix; Схема 3 – Віолар; Схема 4 – Мікофренд; Схема 5 – Profix + Віолар; Схема 6 – Мікофренд + Profix; Схема 7 – Мікофренд + Віолар; Схема 8 – Мікофренд + Profix + Віолар.

Кореляційний аналіз кількісно підтвердив ці взаємозв'язки (рис. 5): встановлено сильний позитивний зв'язок між ВВВ та врожайністю (r = 0,92; P < 0,001), негативний між МДА та врожайністю (r = -0,67; P < 0,001) і дуже тісну негативну кореляцію між АБК і ПП (r = -0,98; P < 0,001), що свідчить про ключову роль АБК-залежних механізмів у регуляції транспірації за гідротермічного стресу.

Отже, стабілізація водного статусу й обмеження оксидативного ушкодження є визначальними механізмами підтримання продуктивності сої в умовах дефіциту вологи.

Отримані результати узгоджуються з даними про синергетичний ефект мікробних консорціумів на продуктивність сої. Дослідження [13] показало, що трикомпонентна інокуляція підвищувала врожайність на 20,5 % і вміст білка й олії на 8,78 і 10,52 % відповідно, причому ефект зростав із ускладненням складу консорціуму. Моноінокуляція ризобіями супроводжувалася нижчою олійністю, що відображає класичну антагоністичну динаміку між накопиченням білка й олії за інтенсифікації азотного живлення [9, 10]. Водночас спільна інокуляція ризобій з АМГ здатна частково нівелювати цей антагонізм через синергію азотного, фосфорного та водного живлення [11].

Встановлена закономірність відповідає сучасним уявленням про те, що за водного дефіциту найбільш уразливими є процеси цвітіння, запилення та формування бобів [24, 26]. Встановлено [6], що подвійна інокуляція АМГ і *B. japonicum* за посухи підвищувала кількість бобів на 28–34 % і насінин на 30–36 %, що супроводжувалося приростом урожайності на 25–32 %. Також підтверджено [11], що приріст продуктивності за спільної інокуляції реалізувався переважно через збільшення маси насіння з рослини, а не через суттєве зростання індивідуальної маси насінини. Отже, біопрепарати підтримують репродуктивний потенціал рослин насамперед через оптимізацію численних компонентів структури врожаю.

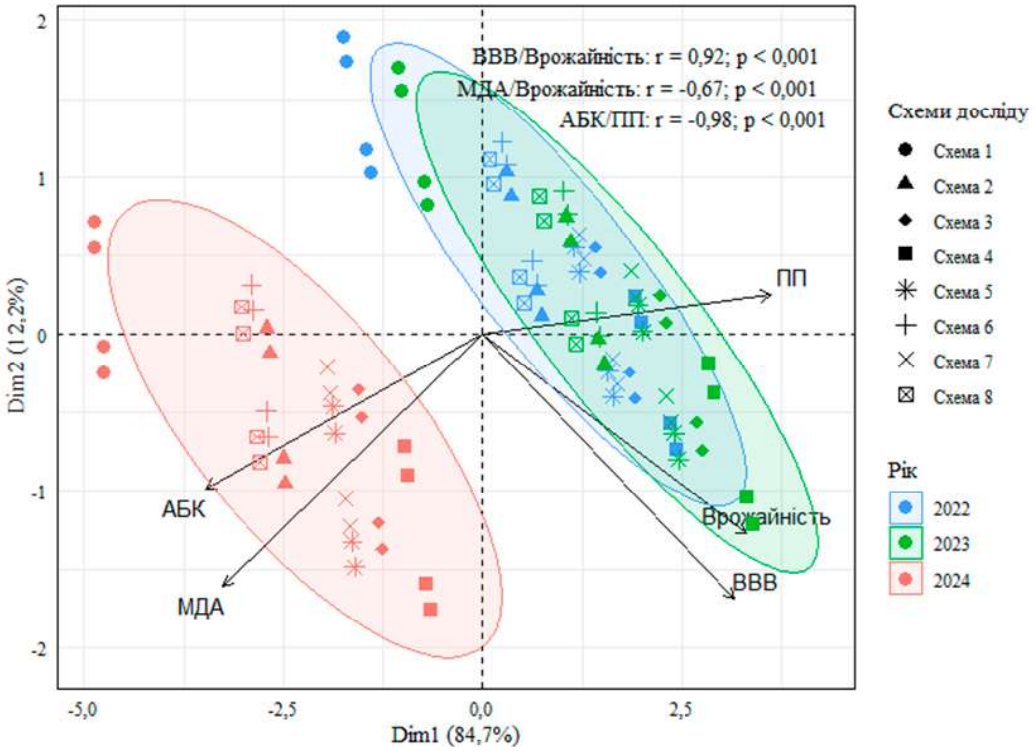


Рис. 5. **Аналіз головних компонентів фізіологічних ознак (АБК, МДА, ВВВ, ПП) та врожайності сої,** 2022–2024 рр.

Джерело: розраховано та побудовано авторами.

Примітка: Dim1 та Dim2 пояснюють 84,7 % та 12,2 % загальної дисперсії відповідно. Вектори позначають навантаження змінних. Наведено коефіцієнти кореляції Пірсона (r) та пов'язані з ними значення P. Схема 1 – контроль; схема 2 – Profix; схема 3 – Віолар; схема 4 – Мікофренд; схема 5 – Profix + Віолар; схема 6 – Мікофренд + Profix; схема 7 – Мікофренд + Віолар; схема 8 – Мікофренд + Profix + Віолар.

Підвищення вмісту загального азоту в насінні безпосередньо пояснює зростання білковості, оскільки білок сої є функцією накопичення та реутилізації азоту у репродуктивний період [9]. У дослідженні [13] показано, що трикомпонентна інокуляція підвищувала азотне живлення рослин на 7,33 %, що корелювало зі зростанням врожайності. Автори [27] підтвердили, що інокуляція *Bradyrhizobium* збільшувала поглинання N і підвищувала врожайність до 125 % порівняно з контролем. Відносна стабільність вмісту азоту в комбінованих схемах 5–8 у посушливому 2024 р. свідчить про часткове пом'якшення негативного впливу водного дефіциту на симбіотичну азотфіксацію завдяки синергетичній дії АМГ і ризобій.

Виявлені закономірності узгоджуються з літературними даними щодо ролі біостимуляторів у підтриманні водного статусу й обмеженні оксидативного пошкодження за посухи. Автори [12, 28] показали, що інокуляція АМГ або її спільна інокуляція з *Bradyrhizobium* сприяла зростанню ВВВ на 8–12 % та зменшенню МДА на 20–37 %. У [7, 8] встановлено, що АМГ підвищують активність каталази і супероксиддисмутази, знижуючи вміст МДА на 30–50 %. Тісна негативна кореляція між АБК і продиховою провідністю (r = -0,98; P < 0,001) підтверджує ключову роль АБК-залежних сигнальних каскадів у регуляції транспірації за гідротермічного стресу [14, 15]. Модуляція гормональних сигналів забезпечувала оптимальний компроміс між обмеженням транспірації та збереженням фотосинтетичної активності, що проявлялося у стабілізації ВВВ і зниженні інтенсивності перекисного окиснення ліпідів [17]. Отже, стабілізація водного статусу та обмеження оксидативного ушкодження є визначальними механізмами підтримання продуктивності сої в умовах дефіциту вологи.

Висновки. Трирічні польові дослідження засвідчили, що комплексне застосування біопрепаратів Мікофренд + Profix + Віолар в умовах органічного землеробства забезпечувало найвищу врожайність сої сорту Хорол у всі роки досліджень – 3,15–3,57 т/га, що перевищувало контроль на 40,6–59,1 %. Приріст врожайності визначався переважно збільшенням кількості насінин з рослини до 103–130 шт. проти 55–69 шт. на контролі, тимчасом маса 1000 насінин зростала в меншому діапазоні (176–181 г проти 168–171 г).

Комплексна інокуляція підвищувала вміст білка в насінні до 40,66–43,85 % (на 5,0–5,7 в.п. до контролю) та олії до 18,8–19,3 % (на 1,0–1,2 в.п.), а також загального азоту на 0,88–1,00 в.п. На відміну від моноінокуляції ризобіями, яка супроводжувалася зниженням олійності, комбіновані варіанти частково нівелювали антагоністичну динаміку між білковою та ліпідною фракціями.

За умов гідротермічного дефіциту 2024 р. трикомпонентна схема підтримувала ВВВ на рівні 91,9 % (на 22,2 в.п. до контролю), знижувала накопичення МДА на 47,7 % і рівень АБК до 5,6 нмоль/г, зберігаючи вищу ПП (0,39 моль/м²·с). Встановлено тісні кореляції між ВВВ і врожайністю (r = 0,92) та між АБК і ПП (r = -0,98), що підтверджує визначальну роль водного статусу і АБК-залежної регуляції транспірації у формуванні продуктивності за стресових умов.

Комплексне застосування Мікофренд + Profix + Віолар рекомендується як ефективна біологічна стратегія підтримання врожайності й якості насіння сої в органічних системах виробництва за умов гідротермічної нестабільності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Erofeeva E.A. Hormetic effects of abiotic environmental stressors in woody plants in the context of climate change. Journal of Forestry Research. 2023. Vol. 34. P. 7–19.

2. United States Department of Agriculture. World agricultural production. Foreign Agricultural Service. 2024. URL: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf

3. Jarecki W., Migut D. Comparison of yield and important seed quality traits of selected legume species. Agronomy. 2022. Vol. 12. 2667. DOI: 10.3390/agronomy12112667

4. Prusiński J. Cultivation, origin and use of grain legume cultivars in Poland. Polish Journal of Agronomy. 2020. Vol. 41. P. 20–28.

5. Plant growth-promoting rhizobacteria eliminate the effect of drought stress in plants: a review / H.M. Ahmad et al. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. 875774. DOI: 10.3389/fpls.2022.875774

6. Research progress in soybean by phytohormone modulation and metal chelation over the past decade / S. Shaffique et al. Agriculture. 2023. Vol. 13. No 7. 1325. DOI: 10.3390/agriculture13071325

7. Mirshad P.P., Puthur J.T. Arbuscular mycorrhizal association enhances drought tolerance potential of promising bioenergy grass (*Saccharum arundinaceum* Retz.). Environmental Monitoring and Assessment. 2016. Vol. 188. No 7. 425 p. DOI: 10.1007/s10661-016-5428-7

8. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate drought stress in C3 *Leymus chinensis* and C4 *Hemarthria altissima* grasses via altering antioxidant enzyme activities and photosynthesis / J. Li et al. Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. 499 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00499

9. Soybean yield, biological N_2 fixation and seed composition responses to additional inoculation in the United States / W.D. Carciochi et al. Scientific Reports. 2019. Vol. 9. No 1. 19908. DOI: 10.1038/s41598-019-56465-0

10. Jarecki W. Effect of soybean seed inoculation with symbiotic bacteria. Legume Research – An International Journal. 2024. Vol. 47. No 1. P. 89–94. DOI: 10.18805/LRF-757

11. Igiehon N.O., Babalola O.O., Cheseto X., Torto B. Effects of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, size distribution and fatty acid of soybean seeds grown under drought stress. Microbiological Research. 2021. Vol. 242. 126640. DOI: 10.1016/j.micres.2020.126640

12. Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium* under drought stress / M.S. Sheteiwy et al. BMC Plant Biology. 2021. Vol. 21. 195 p. DOI: 10.1186/s12870-021-02949-z

13. Tripartite microbial augmentation of *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Bacillus* sp. MN54 and *Piriformospora indica* on growth, yield, and nutrient profiling of soybean (*Glycine max* L.) / M. Rafique et al. Frontiers in Microbiology. 2025. Vol. 15. 1437489. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1437489

14. Mechanisms of abscisic acid-mediated control of stomatal aperture / S. Munemasa et al. Current Opinion in Plant Biology. 2015. Vol. 28. P. 154–162. DOI: 10.1016/j.pbi.2015.10.010

15. The regulatory role of phytohormones in plant drought tolerance / Z. Liao et al. Planta. 2025. Vol. 261. No 5. 98 p. DOI: 10.1007/s00425-025-04671-8

16. Verma V., Ravindran P., Kumar P.P. Plant hormone-mediated regulation of stress responses. BMC Plant Biology. 2016. Vol. 16. 86 p. DOI: 10.1186/s12870-016-0771-y

17. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator / M. Hasanuzzaman et al. Antioxidants. 2020. Vol. 9. No 8. 681 p. DOI: 10.3390/antiox9080681

18. Чайка Т.О., Короткова І.В. Фізико-хімічні аспекти впливу біопрепаратів на вміст абсцизової кислоти в умовах гідротермічного стресу у сої

(*Glycine max* L. Merr.): інтеграція біохімічних та агрономічних маркерів адаптації. Агробіологія. 2025. № 2. С. 233–245. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-233-245

19. Чайка Т.О., Короткова І.В. Вплив передпосівної обробки насіння сої біопрепаратами на вміст фотосинтетичних пігментів і врожайність за умов нестійкого зволоження й органічного землеробства. Агробіологія. 2025. № 1. С. 188–198. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-188-198

20. Koval I.M., Bräuning A. The effect of climate change on the radial growth of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus robur* L. in the stands of Kharkiv green zone. Man and Environment. Issues of Neoecology. 2024. No 41. P. 130–142. DOI: 10.26565/1992-4224-2024-41-10

21. Chaika T., Lotysh I. The effect of biopreparations on the adaptive properties of soybean in organic farming under hydrothermal stress. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 2025. Vol. 29. No 2. P. 34–49. DOI: 10.56407/bs.agrarian/2.2025.34

22. Patanè C., Cosentino S.L., Romano D., Toscano S. Relative water content, proline and antioxidant enzymes in leaves of long shelf-life tomatoes under drought stress and rewatering. Plants. 2022. Vol. 11. 3045. DOI: 10.3390/plants11223045

23. Interference-free determination of abscisic acid and gibberellin in plant samples using excitation-emission matrix fluorescence based on oxidation derivatization coupled with second-order calibration methods / Y.-N. Li et al. Analytical Methods. 2009. Vol. 1. P. 115–122. DOI: 10.1039/B9AY00048H

24. Assessing morpho-physiological and biochemical markers of soybean for drought tolerance potential / M.K. Fatema et al. Sustainability. 2023. Vol. 15. No 2. 1427 p. DOI: 10.3390/su15021427

25. Food energy – methods of analysis and conversion factors. FAO Food and Nutrition Paper 77. Rome: FAO, 2003. 97 p.

26. Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early-seed setting stages / S. Poudel et al. Scientific Reports. 2023. Vol. 13. No 1. 1277. DOI: 10.1038/s41598-023-28354-0

27. Soybean seed chemical composition as influenced by Bradyrhizobium inoculation in soils with elevated nickel concentrations / O. Stajković-Srbinović et al. Applied Soil Ecology. 2020. Vol. 153. 103576. DOI: 10.1016/j.apsoil.2020.103576

28. Arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus* irregularis alleviates drought stress in soybean with overexpressing the *GmSPL9d* gene by promoting photosynthetic apparatus and regulating the antioxidant system / N. Begum et al. Microbiological Research. 2023. Vol. 273. 127398. DOI: 10.1016/j.micres.2023.127398

REFERENCES

1. Erofeeva, E.A. (2023). Hormetic effects of abiotic environmental stressors in woody plants in the context of climate change. Journal of Forestry Research. no. 34, pp. 7–19.

2. United States Department of Agriculture. World agricultural production. Foreign Agricultural Service. 2024. Available at: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf

3. Jarecki, W., Migut, D. (2022). Comparison of yield and important seed quality traits of selected legume species. Agronomy. no. 12, 2667. DOI: 10.3390/agronomy12112667

4. Prusiński, J. (2020). Cultivation, origin and use of grain legume cultivars in Poland. Polish Journal of Agronomy. no. 41, pp. 20–28.

5. Ahmad, H.M., Fiaz, S., Hafeez, S., Zahra, S., Shah, A.N., Gul, B., Aziz, O., Mahmood-Ur-Rahman, Fakhar, A., Rafique, M., Chen, Y., Yang, S.H., Wang, X. (2022). Plant growth-promoting rhizobacteria eliminate the effect of drought stress in plants: a review. Frontiers in Plant Science. no. 13, 875774. DOI: 10.3389/fpls.2022.875774

6. Shaffique, S., Kang, S.M., Hoque, M.I.U., Imran, M., Khan, M.A., Lee, I.J. (2023). Research progress in soybean by phytohormone modulation and metal chelation over the past decade. Agriculture. no. 13(7), 1325. DOI: 10.3390/agriculture13071325

7. Mirshad, P.P., Puthur, J.T. (2016). Arbuscular mycorrhizal association enhances drought tolerance potential of promising bioenergy grass (*Saccharum arundinaceum* Retz.). Environmental Monitoring and Assessment. no. 188(7), 425 p. DOI: 10.1007/s10661-016-5428-7

8. Li, J., Meng, B., Chai, H., Yang, X., Song, W., Li, S., Lu, A., Zhang, T., Sun, W. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate drought stress in C3 *Leymus chinensis* and C4 *Hemarthria altissima* grasses via altering antioxidant enzyme activities and photosynthesis. Frontiers in Plant Science. no. 10, 499 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00499

9. Carciochi, W.D., Moro Rosso, L.H., Secchi, M.A., Torres, A.R., Naeve, S., Casteel, S.N., Kovács, P., Davidson, D., Purcell, L.C., Archontoulis, S., Ciampitti, I. (2019). Soybean yield, biological N_2 fixation and seed composition responses to additional inoculation in the United States. Scientific Reports. no. 9(1), 19908. DOI: 10.1038/s41598-019-56465-0

10. Jarecki, W. (2024). Effect of soybean seed inoculation with symbiotic bacteria. Legume Research – An International Journal. no. 47(1), pp. 89–94. DOI: 10.18805/LRF-757

11. Igiehon, N.O., Babalola, O.O., Cheseto, X., Torto, B. (2021). Effects of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, size distribution and fatty acid of soybean seeds grown under drought stress. Microbiological Research. no. 242, 126640. DOI: 10.1016/j.micres.2020.126640

12. Sheteiwy, M.S., Kang, S.M., Hoque, M.I.U., Imran, M., Khan, M.A., Lee, I.J. (2021). Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium* under drought stress. BMC Plant Biology. no. 21, 195 p. DOI: 10.1186/s12870-021-02949-z

13. Rafique, M., Naveed, M., Mumtaz, M. Z., Niaz, A., Alamri, S., Rehman, S.U., Siddiqui, M.H., Mustafa, A. (2025). Tripartite microbial augmentation

of *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Bacillus* sp. MN54 and *Piriformospora indica* on growth, yield, and nutrient profiling of soybean (*Glycine max* L.). Frontiers in Microbiology. no. 15, 1437489. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1437489

14. Munemasa, S., Hauser, F., Park, J., Waadt, R., Brandt, B., Schroeder, J.I. (2015). Mechanisms of abscisic acid-mediated control of stomatal aperture. Current Opinion in Plant Biology. no. 28, pp. 154–162. DOI: 10.1016/j.pbi.2015.10.010

15. Liao, Z., Chen, B., Boubakri, H., Farooq, M., Mur, L.A.J., Urano, D., Teo, C.H., Tan, B.C., Hasan, M.M., Aslam, M.M., Tahir, M.Y., Fan, J. (2025). The regulatory role of phytohormones in plant drought tolerance. Planta. no. 261(5), 98 p. DOI: 10.1007/s00425-025-04671-8

16. Verma, V., Ravindran, P., Kumar, P.P. (2016). Plant hormone-mediated regulation of stress responses. BMC Plant Biology. no. 16, 86 p. DOI: 10.1186/s12870-016-0771-y

17. Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.H.M.B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S.M., Mahmud, J.A., Fujita, M., Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. Antioxidants. no. 9(8), 681 p. DOI: 10.3390/antiox9080681

18. Chaika, T.O., Korotkova, I.V. (2025). Fizyko-khimichni aspekty vplyvu biopreparativ na vmist abscyzovoi kysloty v umovakh hidrotermichnoho stresu u soi (*Glycine max* L. Merr.): intehratsiia biokhimichnykh ta ahronomichnykh markeriv adaptatsii [Physico-chemical aspects of biological products influence on the abscisic acid content under conditions of hydrothermal stress in soybean (*Glycine max* L. Merr.): integration of biochemical and agronomic markers of adaptation]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 2, pp. 233–245. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-199-2-233-245

19. Chaika, T.O., Korotkova, I.V. (2025). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia soi biopreparatamy na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv i vrozhainist za umov nestiikoho zvolozhennia y orhanichnoho zemlerobstva [Effect of pre-sowing treatment of soybean seeds with biopreparations on the content of photosynthetic pigments and yield under unstable moisture conditions and organic farming]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 1, pp. 188–198. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-188-198

20. Koval, I.M., Bräuning, A. (2024). The effect of climate change on the radial growth of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus robur* L. in the stands of Kharkiv green zone. Man and Environment. Issues of Neoecology. no. 41, pp. 130–142. DOI: 10.26565/1992-4224-2024-41-10

21. Chaika, T., Lotysh, I. (2025). The effect of biopreparations on the adaptive properties of soybean in organic farming under hydrothermal stress. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. no. 29(2), pp. 34–49. DOI: 10.56407/bs.agrarian/2.2025.34

22. Patanè, C., Cosentino, S.L., Romano, D., Toscano, S. (2022). Relative water content, proline and antioxidant enzymes in leaves of long shelf-life tomatoes under drought stress and rewatering. Plants. no. 11, 3045. DOI: 10.3390/plants11223045

23. Li, Y.-N., Wu, H.-L., Nie, J.-F., Li, S.-F., Yu, Y.-J., Zhang, S.-R., Yu, R.-Q. (2009). Interference-free determination of abscisic acid and gibberellin in plant samples using excitation-emission matrix fluorescence based on oxidation derivatization coupled with second-order calibration methods. Analytical Methods. no. 1, pp. 115–122. DOI: 10.1039/B9AY00048H

24. Fatema, M.K. Mamun, M.A.A., Sarker, U., Hossain, M.S., Mia, M.A.B., Roychowdhury, R., Ercisli, S., Marc, R.A., Babalola, O.O., Karim, M.A. (2023). Assessing morpho-physiological and biochemical markers of soybean for drought tolerance potential. Sustainability. no. 15(2), 1427. DOI: 10.3390/su15021427

25. FAO. Food energy – methods of analysis and conversion factors. FAO Food and Nutrition Paper 77. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2003.

26. Poudel, S., Vennam, R.R., Shrestha, A., Reddy, K.R., Wijewardane, N.K., Reddy, K.N., Bheemanahalli, R. (2023). Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early-seed setting stages. Scientific Reports. no. 13(1), 1277. DOI: 10.1038/s41598-023-28354-0

27. Stajković-Srbinović, O., De Meyer, S.E., Kuzmanović, D., Dinić, Z., Delić, D., Willems, A. (2020). Soybean seed chemical composition as influenced by *Bradyrhizobium* inoculation in soils with elevated nickel concentrations. Applied Soil Ecology. no. 153, 103576. DOI: 10.1016/j.apsoil.2020.103576

28. Begum, N., Xiao, Y., Wang, L., Li, D., Irshad, A., Zhao, T. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* alleviates drought stress in soybean with overexpressing the *GmSPL9d* gene by promoting photosynthetic apparatus and regulating the antioxidant system. Microbiological Research. no. 273, 127398. DOI: 10.1016/j.micres.2023.127398

Effects of biopreparations on soybean yield and seed quality under hydrothermal stress in organic farming systems

Chaika T., Korotkova I., Liashenko V., Lotysh I.

Under organic farming conditions and increasing hydrothermal variability, the development of biological approaches to enhance soybean productivity and ensure high seed quality is of growing importance. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of the combined application of biopreparations with different functional roles – arbuscular mycorrhizal fungi, nitrogen-fixing bacteria, and phytohormonal regulators – in shaping soybean yield and seed biochemical composition under variable weather conditions.

Field experiments were conducted in 2022–2024 in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine using the early-maturing soybean cultivar *Khorol* under an organic farming system. The experimental design

included eight treatment variants: control, Profix, Violar, Mycofriend, and their various combinations.

Seed protein and oil contents were determined by near-infrared spectroscopy (NIRS). Physiological and biochemical parameters – relative water content (RWC) in leaves, stomatal conductance (gs), abscisic acid (ABA), and malondialdehyde (MDA) – were assessed at the flowering stage (BBCH 61). Statistical analysis included analysis of variance (ANOVA), Tukey's honestly significant difference (HSD) test, Pearson correlation analysis, and principal component analysis (PCA).

The combined application of all three biopreparations was the most effective, resulting in yields of 2.96–3.57 t/ha, which exceeded the control by 40.6–59.1 %. The increase in yield was primarily associated with a higher number of seeds per plant (up to 130), whereas the thousand-seed weight showed only minor variation.

An increase in seed protein content (by up to 5.7 percentage points) and oil content (up to 19.3 %) was also observed. Under the drier conditions of 2024, combined treatments contributed to maintaining higher plant water status (up to 91.9 %), reducing MDA content (by 47.7 % compared to the control), and decreasing ABA accumulation (by 34.1 %).

A strong positive correlation was found between RWC and yield ($r = 0.92$), whereas a strong negative correlation was observed between ABA content and stomatal conductance ($r = -0.98$).

The results demonstrate that the integrated use of biopreparations in organic soybean cultivation enhances productivity stability and improves seed nutritional quality under contrasting hydrothermal conditions.

Key words: *Glycine max* (L.), arbuscular mycorrhizal fungi, nitrogen-fixing bacteria, phytohormonal regulators, protein content, seed oil content, relative water content, stomatal conductance, abscisic acid, malondialdehyde.

Copyright: Чайка Т.О. 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:
Чайка Т.О. https://orcid.org/0000-0002-5980-7517
Короткова І.В. https://orcid.org/0000-0003-0577-9634
Ляшенко В.В. https://orcid.org/0000-0003-0177-6209
Лотиш І.І. https://orcid.org/0000-0003-0373-6630

АГРОНОМІЯ

УДК: 633.72:631.527.5:631.526.43

Урожайність квасолі овочевої залежно від сортотипу та технологічного призначення в умовах Правобережного Лісостепу України

Яценко В.В., Луценко І.С., Яценко Н.В., Рогальский С.В., Січкар А.О., Климович Н.М., Остапчук В.В.

Уманський національний університет

E-mail: slaviksklavin16@gmail.com

Яценко В.В., Луценко І.С., Яценко Н.В., Рогальский С.В., Січкар А.О., Климович Н.М., Остапчук В.В. Урожайність квасолі овочевої залежно від сортотипу та технологічного призначення в умовах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 210–219.

Yatsenko V., Lutsenko I., Yatsenko N., Rohalskyi S., Sichkar A., Klymovych N., Ostapchuk V. Yield of shell bean depending on cultivar type and technological purpose under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 210–219.

Рукопис отримано: 17.02.2026 р.
Прийнято: 04.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-210-219

ISSN 2310-9270

Відсутність в Україні чіткої стандартизації сортів квасолі овочевої за технологічним призначенням ускладнює науково обґрунтований добір сортів для різних напрямів використання. Особливо актуальним є розмежування спаржевих і флажеольних сортотипів з урахуванням їх продуктивного потенціалу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на дослідних ділянках кафедри рослинництва Уманського національного університету в умовах Правобережного Лісостепу України. Визначали врожайність лопаток, флажеоль і сухого зерна. Аналіз результатів показав значну диференціацію сортів за продуктивністю. Серед овочевих сортів найбільшу врожайність лопаток забезпечили Бергголд – 29,12 т/га і Супернано джалло – 25,22 т/га, що на 159 і 124 % відповідно перевищували стандарт. Врожайність флажеоль у цих сортів досягала 14,12 т/га (Супернано джалло) та 13,03 т/га (Бергголд). У групі сортотипу флажеоль максимальну продукцію незрілого зерна сформував сорт Elsa – 15,48 т/га. Середня врожайність по вибірці становила 19,56 т/га для лопаток, 11,16 т/га для флажеоль та 3,39 т/га для сухого зерна. Результати аналізу співвідношення маси флажеоль і стулок бобів засвідчили, що у виділених сортів квасолі овочевої (Топкроп, Бергголд, Супернано джалло) частка незрілого зерна і стулок була практично рівнозначною та становила близько 50/50 %, що наближає їх за морфологічною структурою бобів до сортів універсального типу. Натомість у класичних сортів сортотипу флажеоль переважала частка незрілого зерна, яка досягала 73 %, за одночасного зменшення питомої маси стулок до 27 %, що свідчить про їх чітку генетичну орієнтацію на формування продуктивного незрілого насіння. Отже, підвищена врожайність флажеоль у сортів Топкроп, Бергголд і Супернано джалло зумовлена переважно загальним високим рівнем біомаси бобів, зокрема розвитком м'ясистих стулок, а не спеціалізованою спрямованістю на накопичення незрілого зерна.

Ключові слова: *Phaseolus vulgaris*, сортотип, врожайність лопаток, флажеоль, зерно.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Квасоля роду *Phaseolus* є цінною зернобобовою культурою світового значення для харчування людини і тварин. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) є найважливішим видом роду *Phaseolus* у світі. Сорти *P. vulgaris* вирізняються великою різноманітністю форм, розмірів і забарвлення насіння – від строкатого до рожевого, чорного та білого. Незважаючи на цю різноманітність, дикі та культурні форми належать до одного виду, як і всі місцеві різновиди (ландраси) [1–3].

Основною відмінністю між дикими та культурними формами є збільшення маси насіння, зменшення розтріскування бобів та зниження варіабельності розміру зерна, товщини насіннєвої оболонки й водопоглинання під час варіння. Культурні рослини є однорічними, що підвищує стабільність їх вирощування. Незважаючи на різноманітність забарвлення, культурна квасоля характеризується високою передбачуваністю продуктивності [4].

Зелена квасоля – це молоді, недозрілі плоди різних сортів квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris*), а також квасолі багатоквіткової, вигни довгоплідної. Вона відрізняється тим, що її збирають та споживають разом із бобами до повного достигання насіння. Основними типами зеленої квасолі є: стручкова (спаржева або цукрова, snap bean – англ.), безволокниста (лущильна, флажеоль, французька, green-shelled beans, shell beans – англ.). Спаржева квасоля легко ламається під час згинання, утворюючи характерний звук. Її збирають у фазу інтенсивного росту, коли боби ніжні, соковиті, а насіння недорозвинене (8–10 діб після цвітіння) [5, 6].

Лущильна (зернова) квасоля – це насіння, відокремлене від стулок перед приготуванням або сушінням. Свіже зерно за поживною цінністю подібне до сухого, але використовується як овоч. Звичайна квасоля має багато поширених назв: французька, салатна, стручкова, кідні, флажеоль, каннелліні, чорна, пінто, біла тощо. Деякі сорти вирощують лише на сухе зерно, інші – на молоді боби, або на обидва види продукції. Сорти для сухого зерна зазвичай мають грубі стулки, непридатні для споживання [7, 8].

Врожайність лопаток, флажеоль та сухого зерна квасолі є одним із ключових інтегральних показників ефективності реалізації її біологічного потенціалу та визначальним чинником економічної доцільності вирощування культури залежно від технологічного напряму використання [9, 10]. В умовах сучасного овочівництва квасоля розглядається як багатофункціональна культура, продукція якої може використовуватися у свіжому вигляді, для переробки, консервування або тривалого зберігання, що зумовлює необхідність диференційованого підходу до оцінювання її продуктивності [11–13].

За овочевого напряму вирощування провідне значення має врожайність лопаток, оскільки саме соковиті, ніжні боби зі слаборозвиненими волокнами формують основну частку товарної продукції та визначають її споживчу привабливість [14–16]. Високий рівень урожайності лопаток свідчить про інтенсивний ріст вегетативних і генеративних органів, оптимальне співвідношення між фотосинтетичною активністю листкового апарату та накопиченням пластичних речовин у стулках бобів, а також про адаптивність сортів до конкретних ґрунтово-кліматичних і агротехнічних умов [17–19].

У разі вирощування квасолі за напрямом «флажеоль» пріоритетного значення набуває врожайність незрілого зерна, яке використовують у фазу молочно-воскової стиглості та характеризується підвищеною поживною цінністю, ніжною консистенцією і високими смаковими якостями. Формування високого врожаю флажеоль пов’язане зі здатністю рослин до інтенсивного нагромадження асимілянтів у насінні на ранніх етапах розвитку, ефективним функціонуванням провідної системи та генетично детермінованими особливостями наливу зерна [20, 21].

За насіннєвого та зернового напрямів вирощування основним критерієм продуктивності є врожайність сухого зерна, яка відображає завершеність процесів репродуктивного розвитку, ефективність перерозподілу пластичних речовин від вегетативних органів до генеративних структур і стійкість рослин до стресових чинників у період достигання. Високий рівень урожайності сухого зерна є передумовою підвищення рентабельності виробництва, забезпечення стабільної сировинної бази для харчової та переробної промисловості, а також збереження насіннєвих ресурсів [22].

Отже, врожайність лопаток, флажеоль і сухого зерна слід розглядати як взаємопов’язані, але функціонально диференційовані показники продуктивності квасолі, що відображають її адаптивний потенціал і ступінь відповідності сортів конкретному технологічному напряму використання. Комплексна оцінка цих показників дає змогу науково

обґрунтувати вибір сортів і технологічних прийомів вирощування з метою максимальної реалізації біологічних можливостей культури в умовах конкретного регіону.

Оскільки в Україні не стандартизовано розподіл квасолі овочевої на типи спаржева (цукрова) та флажеоль, на відміну від ЄС, **мета дослідження** полягала у теоретичному обґрунтуванні та визначенні рівня врожайності лопаток, флажеоль та зрілого зерна сортів квасолі овочевої, що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні та інтродукованих класичних сортів сортотипу флажеоль і ранжування їх за цими ознаками.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили на дослідних ділянках кафедри рослинництва, в навчально-виробничому відділі Уманського національного університету у 2024–2025 рр., з географічними координатами за Грінвічем 48° 46’ північної широти, 30° 14’ східної довготи і висотою над рівнем моря 245 м.

Дослідна ділянка розташована в зоні помірно континентального клімату. У 2024 р. вегетаційний період характеризувався відносно посушливими умовами: сумарна кількість опадів становила лише 153,1 мм, що майже у 1,8 рази менше, ніж у 2025 р. (275,2 мм). Нерівномірний розподіл опадів проявився у достатньому зволоженні в квітні (56,2 мм) та червні (56,5 мм) і різкому дефіциті у травні (4,8 мм), липні (17,9 мм) та серпні (17,7 мм) – у критичні фази росту, цвітіння та формування бобів. Поєднання високих температур (середня за період 19,4 °С, липень – 24,3 °С, серпень – 23,1 °С) із низьким рівнем зволоження спричинило водний стрес, прискорення фенологічного розвитку, зниження інтенсивності фотосинтезу та обмеження транслокації пластичних речовин до генеративних органів, що негативно вплинуло на налив бобів і формування врожаю. У 2025 р. загальна кількість опадів була значно вищою і більш рівномірно розподіленою (особливо у травні – 101,8 мм та липні – 112,3 мм), що збігалося з фазами активного росту та бобоутворення. Незначний дефіцит у квітні (26,9 мм) та червні (11,2 мм) тимчасово обмежував початковий ріст, однак подальше інтенсивне зволоження компенсувало цей ефект. Температурний режим (середня за період 17,0 °С, 10,3–22,4 °С) був помірним і сприяв пролонгованому росту та рівномірному розвитку генеративних органів. Таке поєднання тепла та достатньої вологи створювало оптимальні умови для фотосинтетичних процесів і формування високого врожаю квасолі.

Отже, 2024 р. характеризувався як теплий і посушливий із періодичними водними стресами, що обмежувало продуктивність квасолі, тимчасом 2025 р. мав помірно теплі й вологозабезпечені умови, що сприяло підвищенню врожайності.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий. У період проведення досліджень погодні умови були досить сприятливими для вирощування квасолі спаржевої.

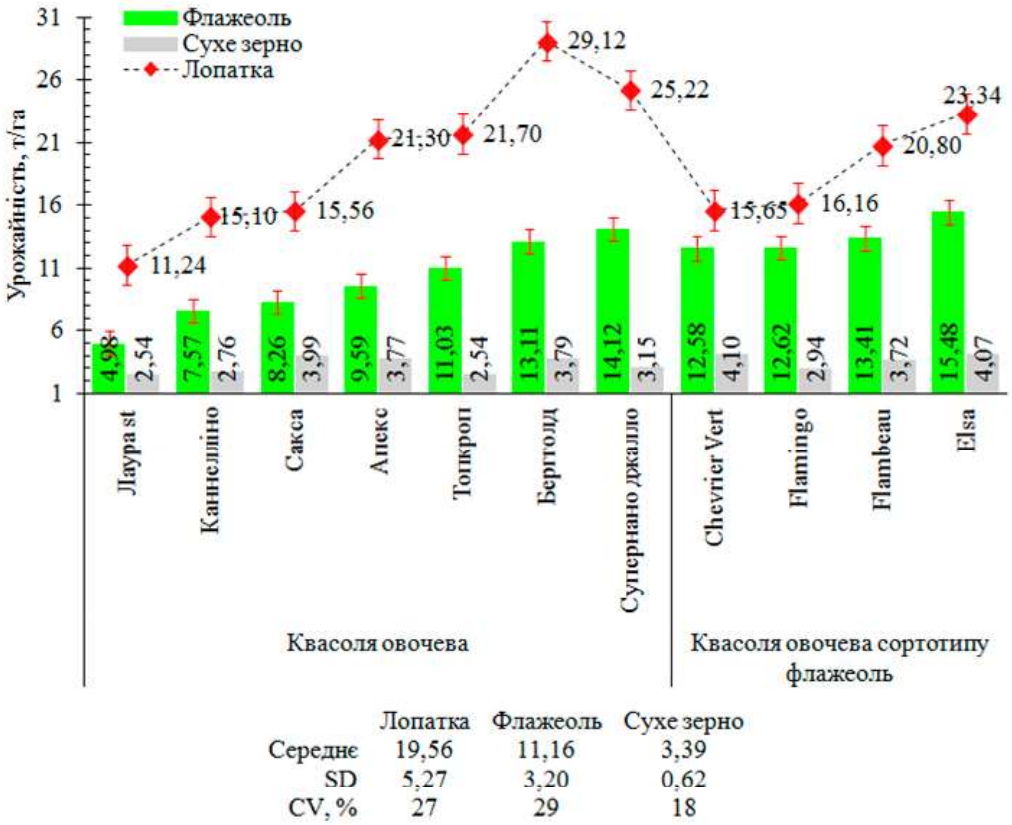
Для дослідження використали сорти квасолі овочевої, що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні – Лаура st, Апекс, Бергголд, Каннелліно, Сакса, Супернано джалло, Топкроп та інтродуковані класичні сорти – Chevrier Vert, Elsa, Flambeau та Flamingo. За стандарт брали сорт Лаура, оскільки він був найбільш апробованим.

Закладання дослідів виконували методом рендомізації [25]. Повторність досліду – чотириразова. Площа дослідної ділянки 10 м^2. Посів насіння квасолі проводили за схемою 45×10 см (222000 шт./га). Попередник – часник озимий.

Облік врожайності проводили у фазу технічної стиглості бобів (лопатка – BBCH 81; BBCH 89 – флажеоль) за ДСТУ ЕЭК ОО-OFFV-06 [23] та біологічної стиглості насіння (BBCH 99) за ДСТУ 4138–2002 [24].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з розрахунком середнього арифметичного (x) стандартного відхилення (SD), розрахованого за допомогою Microsoft Excel 2024 StatPlus.

Результати дослідження та обговорення. Установлено, що сорт-стандарт Лаура (st) формував урожайність лопаток на рівні 11,24 т/га, флажеоль – 4,98 т/га та сухого зерна – 2,54 т/га, що використано як базовий рівень для порівняльної оцінки абсолютних і відносних відхилень. Серед сортів квасолі овочевої найвищу врожайність бобів-лопаток сформували сорти Бергголд – 29,12 т/га (+17,88 т/га, або +159 % до st) та Супернано джалло – 25,22 т/га (приріст +13,98 т/га або +124 % до st), що свідчить про істотну перевагу над сортом-стандартом та високу реалізацію продукційного потенціалу в умовах досліду. Водночас сорти Каннелліно та Сакса характеризувалися помірним приростом урожайності (від +34 до +38 %), що вказує на середній рівень адаптивності до ґрунтово-кліматичних умов року (рис. 1).



	Лопатка	Флажеоль	Сухе зерно
Середнє	19,56	11,16	3,39
SD	5,27	3,20	0,62
CV, %	27	29	18

Рис. 1. **Динаміка врожайності лопаток, флажеоль та сухого зерна квасолі овочевої та квасолі овочевої сортотипу флажеоль,** 2024–2025 рр., т/га.

Урожайність флажеоль у групі квасолі овочевої варіювала в межах 7,57–14,12 т/га з максимальними відхиленнями від стандарту у сортів Супернано джалло (+184 %) і Бергголд (+163 %), що пов'язано з формуванням крупного, добре виповненого незрілого зерна та інтенсивним нагромадженням запасних речовин у період молочно-воскової стиглості. Сорт Топкроп, попри високі показники за лопаткою та флажеоль, не перевищив стандарт за врожайністю сухого зерна (2,54 т/га, 0 %), що свідчить про обмежену ефективність перерозподілу асимілянтів у фазу повної стиглості.

У групі квасолі овочевої сортотипу флажеоль відзначено стабільно високі показники врожайності флажеоль (12,58–15,48 т/га), які перевищували стандарт на 153–211 %, причому максимальні значення зафіксовано у сорту Elsa (15,48 т/га, +210 %). Це свідчить про генетично обумовлену орієнтацію цього сортотипу на формування продуктивного незрілого зерна як основного складника товарної продукції. Урожайність лопаток у цієї групи була дещо нижчою, ніж у кращих представників квасолі овочевої (15,65–23,34 т/га), однак перевищувала стандарт на 39–108 %, що підтверджує універсальний прояв продуктивності сортотипу.

Оскільки в Україні не стандартизовано розподіл квасолі овочевої на типи спаржева (цукрова) та флажеоль, визначено, що сорти Топкроп, Бергголд та Супернано джалло (що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні) забезпечують найкращу відповідність серед овочевих до сортотипів флажеоль і є наближеними за показниками продуктивності до класичних сортів цього типу (Chevrier Vert, Flamingo, Flambeau, Elsa). Однак результати аналізу співвідношення часток флажеоль і стулок бобів вказують на те, що виділені сорти квасолі овочевої мали співвідношення 50/50 %, що майже ідентично до сортів цього типу (рис. 2).

Квасоля овочева | Квасоля овочева сортотипу флажеоль | Виділені сорти квасолі овочевої (Топкроп, Бергголд, Супернано джалло)

Рис. 2. **Частка флажеоль від загальної маси боба,** %.

Тимчасом, як у класичних сортів типу флажеоль це співвідношення становило 73/27 %. Тобто висока врожайність флажеоль у сортів Топкроп, Бергголд та Супернано джалло була лише завдяки високій загальній врожайності, зокрема, лопаток.

Аналіз урожайності сухого зерна показав, що обидві групи суттєво перевищували стандарт, за винятком окремих сортів, причому найбільші прирости спостерігалися у сортів Chevrier Vert (+61 %), Elsa (+60 %) та Сакса (+57 %). Це вказує на ефективний перерозподіл пластичних речовин у напрямку генеративних органів у фазу наливу та достигання насіння, що забезпечувало формування підвищеної маси зерен і збільшення загальної насіннєвої продуктивності.

Статистична обробка результатів засвідчила, що середня врожайність по вибірці становила 19,56 т/га для лопаток, 11,16 т/га для флажеоль та 3,39 т/га для сухого зерна за стандартного відхилення відповідно 5,28; 3,20 та 0,62 і коефіцієнта варіації 27; 29 та 18 %. Отримані значення CV свідчать про середній рівень мінливості ознак урожайності лопаток і флажеоль та відносно високу стабільність формування врожаю сухого зерна, що зумовлено жорсткішою генетичною детермінацією репродуктивних процесів.

Порівняльний аналіз між групами показав, що квасоля овочева загалом переважала за врожайністю лопаток, особливо за рахунок сортів Бергголд, Апекс і Топкроп, у яких висока продуктивність була сформована завдяки розвитку соковитих, м’ясистих стулок бобів із підвищеним вмістом клітинного соку. Натомість сортотип флажеоль демонстрував істотну перевагу за врожайністю незрілого зерна, що пояснюється морфофізіологічною спрямованістю цих сортів на інтенсивний ріст насіннєвих зачатків і посилений транспорт асимілянтів до бобів у ранні фази генеративного розвитку.

Отримані результати свідчать, що рівень урожайності лопаток, флажеоль та сухого зерна квасолі овочевої істотно залежить як від генетичних особливостей сортів, так і умов вегетаційного періоду, що узгоджується з даними інших дослідників. Зокрема, встановлена перевага сортів Бергголд, Супернано джалло та Топкроп за врожайністю лопаток підтверджує висновки Pramanik et al. (2025) [26] та Oliveira et al. (2009) [27] про визначальну роль морфологічної будови бобів і фотосинтетичного потенціалу листкового апарату у формуванні овочевої продуктивності квасолі.

Високі показники врожайності флажеоль у класичних сортів Elsa, Flambeau та Chevrier Vert узгоджуються з результатами Porcher (2005) [28] та Ron et al. (2017) [29], які відзначали генетично зумовлену спрямованість цих сортотипів на інтенсивне формування незрілого зерна. У цьому дослідженні ця особливість проявилася у стабільно високій частці флажеоль у структурі врожаю (понад 70 %), що підтверджує їхню спеціалізацію для відповідного напряму використання.

Водночас встановлене співвідношення флажеоль і стулок бобів у сортів Топкроп, Бергголд і Супернано джалло на рівні близько 50/50 % свідчить про їх проміжний тип між спаржевими та флажеольними сортами. Подібні результати отримані Redden et al. (2000) [30] та Girgel (2025) [31], які вказували на можливість формування високої врожайності незрілого зерна в універсальних сортів завдяки загальній біомасі рослин, а не вузької спеціалізації генеративних органів. Отже, висока врожайність флажеоль у зазначених сортів зумовлена переважно високою загальною продуктивністю, а не морфологічною адаптацією до цього типу використання.

Аналіз урожайності сухого зерна показав, що більшість досліджуваних сортів перевищували стандарт, що узгоджується з даними

Faria et al. (2005) [32] та Londero et al. (2006) [33], які відзначали значну роль ефективності перерозподілу асимілянтів у період наливу зерна. Високі показники у сортів Elsa, Chevrier Vert та Сакса підтверджують їх здатність до стабільної реалізації репродуктивного потенціалу навіть за мінливих погодних умов.

Виявлена середня мінливість урожайності лопаток і флажеоль (CV 27–29 %) відповідає результатам Backes et al. (2005) [34], які зазначали, що овочева продуктивність квасолі є більш чутливою до впливу абіотичних чинників порівняно з формуванням сухого зерна. Водночас відносно низький коефіцієнт варіації для врожайності зерна (18 %) свідчить про вищу генетичну стабільність цієї ознаки, що підтверджується дослідженнями Melo et al. (2005) [35].

Отримані результати також підтверджують доцільність комплексної оцінки сортів за різними напрямами використання, про що повідомляли Celmeli et al. (2018) [36]. Одновимірна оцінка лише за врожайністю зерна або лопаток не дозволяє повною мірою охарактеризувати господарську цінність сорту, особливо в умовах відсутності нормативної класифікації за технологічним призначенням.

Отже, результати дослідження загалом узгоджуються з даними попередніх наукових робіт і доповнюють їх, уточнюючи особливості формування врожайності різних фракцій продукції квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України. Виявлена подібність сортів Топкроп, Бергголд і Супернано джалло до класичних флажеольних сортів за рівнем продуктивності підтверджує перспективність їх використання як універсальних форм із флажеольною спрямованістю, що має важливе практичне значення для розвитку вітчизняного овочівництва.

Висновки. Найвищу ефективність використання продукційного потенціалу в напрямку формування лопаток продемонстрували сорти Бергголд і Супернано джалло – 29,12 і 25,22 т/га відповідно, що обумовлено розвитком соковитих стулок бобів і високою інтенсивністю фотосинтетичної діяльності. Сортотип флажеоль, зокрема сорти Elsa та Flambeau, характеризувався переважною орієнтацією на формування високого врожаю незрілого зерна – 13,41 і 15,48 т/га відповідно, завдяки крупності та виповненості насіння. Формування підвищеної врожайності сухого зерна в обох групах було обумовлене ефективним перерозподілом асимілянтів у напрямку генеративних органів у період наливу, що забезпечувало стабільність насіннєвої продуктивності. Отже, залежно від напряму використання продукції (лопатка, флажеоль чи зерно) доцільно диференційовано підбирати сорти, орієнтуючись на їх морфофізіологічну спеціалізацію та статистично підтверджений рівень адаптивності.

За відсутності в Україні чітко регламентованої класифікації квасолі овочевої за напрямами використання на спаржеву (цукрову) та флажеоль, оцінювання сортів за комплексом показників продуктивності, структурою врожаю та особливостями формування товарної продукції набуває визначального значення. Проведений аналіз свідчить, що сорти Топкроп, Бергголд і Супернано джалло, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, характеризуються оптимальним поєднанням високої врожайності лопаток (21,70–29,12 т/га) і флажеоль (12,58–14,12 т/га) і наближаються до класичних представників сортотипу флажеоль (Chevrier Vert, Flamingo, Flambeau, Elsa), що свідчить про їхню морфофізіологічну та господарсько-біологічну подібність до цього типу.

Отже, сорти Топкроп, Бергголд і Супернано джалло можуть бути науково обґрунтовано віднесені до перспективної групи овочевих сортів із флажеольною спрямованістю використання та рекомендовані для виробництва продукції типу флажеоль у вітчизняному овочівництві. Їх використання сприятиме підвищенню технологічної гнучкості виробництва, розширенню асортименту продукції та формуванню конкурентоспроможної сировинної бази за відсутності нормативно закріпленої класифікації сортів за напрямами використання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Celebioglu B., Roy J., Farmer A. A domestication change at PvMYB26 in common bean sheds light on the origins of Middle American agriculture. bioRxiv preprint. 2025. DOI: 10.1101/2025.05.15.654381.

2. Swamy K.R.M. Origin, domestication, taxonomy, botanical description, genetics and cytogenetics, genetic diversity and breeding of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Current Research. 2023. Vol. 15. P. 24766–24795.

3. Insights into the Genetics Underlying the Resistance to Root-Knot Nematode Reproduction in the Common Bean Ouro Negro / A.M. Pesqueira et al. Plants. 2025. 14(7). 1073 p. DOI: 10.3390/plants14071073.

4. Kris H.K. The domestication of the common bean. ThoughtCo. 2020. URL: https://www.thoughtco.com/domestication-of-the-common-bean-170080.

5. Common bean as a potential crop for future food security: An overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics / M.A. Nadeem et al. Biotechnology & Biotechnological Equipment. 2021. Vol. 35. P. 759–787.

6. Can foliar application of natural biostimulants reduce nitrate and fiber content in fresh green bean under soil nutrient deficiency? / Z.F. Fawzy et al. Bulletin of the National Research Centre. 2023. Vol. 47. Art. 165. DOI: 10.1186/s42269-023-01135-5.

7. El Sheikha A.F., Allam A.Y., Taha M., Varzakas T. How does the addition of biostimulants affect the growth, yield, and quality parameters of the snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.)? Applied Sciences. 2022. Vol. 12. Art. 776. DOI: 10.3390/app12020776.

8. Britannica. Common bean | Description, varieties, origin, & facts. Encyclopaedia Britannica. 2023. URL: https://www.britannica.com/plant/common-bean.

9. Yield of bean (*Phaseolus vulgaris*) depending on variety and fertilization / В. Панчишин та ін. Modern Engineering and Innovative Technologies. 2023. Vol. 4(26-04). P. 110–114. DOI: 10.30890/2567-5273.2023-26-04-057.

10. Aghora T.S., Thangam M., Patil N. Legume vegetables for human nutrition and entrepreneurship. Vegetables for Nutrition and Entrepreneurship. Singapore: Springer, 2023. DOI: 10.1007/978-981-19-9016-8_20.

11. Nutritional properties of common bean protein concentrate compared to commercial legume ingredients for the plant-based market / L. De Paiva Gouvêa et al. Current Research in Food Science. 2024. Vol. 9. Art.100937. DOI: 10.1016/j.crfs.2024.100937.

12. Sundarakani B., Ghouse A. A systematic literature review and bibliometric analysis of blockchain technology for food security. Foods. 2024. Vol. 13. Art. 3607.

13. Agronomic methods aiming quality and production increase in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.): An integrative review / J.H.B. Silva et al. Scientific Electronic Archives. 2023. Vol. 16(12). DOI: 10.36560/161220231816.

14. QTL mapping for pod quality and yield traits in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) / S.N. Njau et al. Frontiers in Plant Science. 2024. 15. 1422957. DOI: 10.3389/fpls.2024.1422957.

15. Characterization of Western Himalayan small-seeded red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for yield, quality and resilience / P.A. Sofi et al. Plant Genetic Resources. 2022. Vol. 20(5). P. 337–347. DOI: 10.1017/S1479262123000230.

16. Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation / V. Yatsenko et al. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26(7). P. 79–94. DOI: 10.48077/scihor7.2023.79.

17. Physiological and yield responses of green-shelled beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under restricted irrigation / K. Campos et al. Agronomy. 2021. Vol. 11. Art. 562. DOI: 10.3390/agronomy11030562.

18. Effectiveness of the application of biostimulants in snap bean under water stress / K.I. Hernández-Figueroa et al. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2022. Vol. 13. P. 149–160. DOI: 10.29312/remexca.v13i28.3270.

19. Abebe A., Tsige A., Work M., Enyew A. Optimizing irrigation frequency and amount on yield and water productivity of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in NW Amhara, Ethiopia. Cogent Food & Agriculture. 2020. Vol. 6. Art. 1773690. DOI: 10.1080/23311932.2020.1773690.

20. Dhakal R., Bhardwaj H. (2024). Alternative Use of Black and Navy Beans as Green Shell Beans. HortScience. 59(6). P. 831–832. DOI: 10.21273/HORTSCI17827-24.

21. Growth, phenology and yield response of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to various sowing dates and nutrient sources in Bauchi State, Nigeria / R.A. Bala et al. Journal of Horticultural Science and Research. 2022. Vol. 5(1). P. 200–208. URL: https://scholars.direct/Articles/horticulture/jhsr-5-026.pdf.

22. Geleta R.J., Roro A.G., Terfa M.T. Phenotypic and yield responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to different soil moisture levels. BMC Plant Biology. 2024. Vol. 24. Art. 242. DOI: 10.1186/s12870-024-04856-5.

23. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-06:2007. Квасоля. Настанови щодо постачання і контролювання якості. Національний стандарт України. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2007. 24 с.

24. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с.

25. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків: Основа, 2001, 369 с.

26. Estimating phenotypic stability for relevant yield and quality traits in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using AMMI analysis / K. Pramanik et al. Heliyon. 2024. 10(5). e26918. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e26918

27. Oliveira R.L., Muniz J.A., Andrade M.J.B., Reis R.L. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. Ciência e Agrotecnologia. 2009. Vol. 33. P. 113–119.

28. Porcher M.H. Introducing flageolet beans. Multilingual Multiscript Plant Name Database. 2005. The University of Melbourne. URL: https://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Flageolet.html.

29. Diversity and conservation of wild and primitive common bean germplasm and their associated rhizobia in the Andean region / A.M. Ron et al. Legumes for Global Food Security. Nova Science Publishers, 2017.

30. Redden R.J., Delacy I.H., Butler D.G., Usher T. Analysis of line × environment interactions for yield in navy beans. Australian Journal of Agricultural Research. 2000. Vol. 51(5). P. 607–617.

31. Girgel, Ü. System-specific determinants of seed yield in common bean: Insights from conventional and organic path analyses. Legume Research – An International Journal. 2025. Advance online publication. DOI: 10.18805/LRF-893.

32. Faria L.C., Del Peloso M.J., Melo L.C. Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum; base genética da produtividade de grãos do feijoeiro comum no Brasil e no mundo. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2005. P. 64–65.

33. Herança dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijoeiro / P.M.G. Londero et al. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2006. Vol. 41(1). P. 51–58.

34. Backes R.L., Tavares E., Hemp S., Nicknich W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no estado de Santa Catarina. Acta Scientiarum Agronomy. 2005. Vol. 27(2). P. 309–314.

35. Adaptabilidade e estabilidade de produção da cultivar BRS Supremo em diferentes regiões brasileiras / L.C. Melo et al. Comunicado Técnico. 2005. No 104. 4 p.

36. The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in comparison to modern varieties / T. Celmeli et al. Agronomy. 2018. Vol. 8(9). Art. 166. DOI: 10.3390/agronomy8090166.

REFERENCES

1. Celebioglu, B., Roy, J., Farmer, A., English, S., Yu, X., Xu, X., McClean, P. E., Gepts, P., Parker, T. (2025). A domestication change at PvMYB26 in common bean sheds light on the origins of Middle American agriculture. bioRxiv preprint. DOI: 10.1101/2025.05.15.654381.

2. Swamy, K.R.M. (2023). Origin, domestication, taxonomy, botanical description, genetics and cytogenetics, genetic diversity and breeding of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Current Research. Vol. 15, pp. 24766–24795.

3. Pesqueira, A.M., González, A.M., Barragán-Lozano, T., Arnedo, M.S., Lozano, R., Santalla, M. (2025). Insights into the Genetics Underlying the Resistance to Root-Knot Nematode Reproduction in the Common Bean Ouro Negro. Plants. no. 14(7), 1073 p. DOI: 10.3390/plants14071073.

4. Kris, H.K. (2020). The domestication of the common bean. ThoughtCo. Available at: https://www.thoughtco.com/domestication-of-the-common-bean-170080.

5. Nadeem, M.A., Yeken, M.Z., Shahid, M.Q., Habyarimana, E., Yılmaz, H., Alsaleh, A. (2021). Common bean as a potential crop for future food security: An overview of past, current and future contributions in genomics, transcriptomics, transgenics and proteomics. Biotechnology & Biotechnological Equipment. Vol. 35, pp. 759–787.

6. Fawzy, Z.F., El-Ramady, H., Azab, M.A. (2023). Can foliar application of natural biostimulants reduce nitrate and fiber content in fresh green bean under soil nutrient deficiency? Bulletin of the National Research Centre. Vol. 47, Art. 165. DOI: 10.1186/s42269-023-01135-5.

7. El Sheikha, A.F., Allam, A.Y., Taha, M., Varzakas, T. (2022). How does the addition of biostimulants affect the growth, yield, and quality parameters of the snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.)? Applied Sciences. Vol. 12, Art. 776. DOI: 10.3390/app12020776.

8. Britannica. Common bean | Description, varieties, origin, & facts. Encyclopaedia Britannica. 2023. Available at: https://www.britannica.com/plant/common-bean.

9. Panchyshyn, V., Moisiienko, V., Stotska, S., Derebon, I., Bohatyrchuk, T. (2023). Yield of bean (*Phaseolus vulgaris*) depending on variety and fertilization. Modern Engineering and Innovative Technologies. Vol. 4(26-04), pp. 110–114. DOI: 10.30890/2567-5273.2023-26-04-057.

10. Aghora, T.S., Thangam, M., Patil, N. (2023). Legume vegetables for human nutrition and entrepreneurship. Vegetables for Nutrition and Entrepreneurship. Singapore, Springer. DOI: 10.1007/978-981-19-9016-8_20.

11. De Paiva Gouvêa, L., Caldeira, R.F., Azevedo, T.D.L., Antoniassi, R., Galdeano, M.C., Felberg, I., Lima, J.R., Mellinger, C.G. (2024). Nutritional properties of common bean protein concentrate compared to commercial legume ingredients for the plant-based market. Current Research in Food Science. Vol. 9, Art. 100937. DOI: 10.1016/j.crfs.2024.100937.

12. Sundarakani, B., Ghouse, A. (2024). A systematic literature review and bibliometric analysis of blockchain technology for food security. Foods. Vol. 13, Art. 3607.

13. Silva, J.H.B. da, Silva, D.M. de A., Silva, K.M. (2023). Agronomic methods aiming quality and production increase in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.): An integrative review. Scientific Electronic Archives. Vol. 16(12). DOI: 10.36560/161220231816.

14. Njau, S.N., Parker, T.A., Duitama, J., Gepts, P., Arunga, E.E. (2024). QTL mapping for pod quality and yield traits in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Frontiers in Plant Science. no. 15, 1422957. DOI: 10.3389/fpls.2024.1422957.

15. Sofi, P.A., Shafi, S., Fatima, S., Rani, S., Ahmad, R., Banoo, A., Jha, P. (2022). Characterization of Western Himalayan small-seeded red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for yield, quality and resilience. Plant Genetic Resources. Vol. 20(5), pp. 337–347. DOI: 10.1017/S1479262123000230.

16. Yatsenko, V., Poltoretskiy, S., Yatsenko, N., Poltoretska, N., Mazur, O. (2023). Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. Scientific Horizons. Vol. 26(7), pp. 79–94. DOI: 10.48077/scihor7.2023.79.

17. Campos, K., Schwember, A.R., Machado, D., Ozores-Hampton, M., Gil, P.M. (2021). Physiological and yield responses of green-shelled beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under restricted irrigation. Agronomy. Vol. 11, Art. 562. DOI: 10.3390/agronomy11030562.

18. Hernández-Figueroa, K.I., Sánchez-Chávez, E., Ojeda-Barrios, D.L., Chávez-Mendoza, C., Muñoz-Márquez, E., Palacio-Márquez, A. (2022). Effectiveness of the application of biostimulants in snap bean under water stress. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 13, pp. 149–160. DOI: 10.29312/remexca.v13i28.3270.

19. Abebe, A., Tsige, A., Work, M., Enyew, A. (2020). Optimizing irrigation frequency and amount on yield and water productivity of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in NW Amhara, Ethiopia. Cogent Food & Agriculture. Vol. 6, Art. 1773690. DOI: 10.1080/23311932.2020.1773690.

20. Dhakal, R., Bhardwaj, H. (2024). Alternative Use of Black and Navy Beans as Green Shell Beans. HortScience. no. 59(6), pp. 831–832. DOI: 10.21273/HORTSCI17827-24.

21. Bala, R.A., Fagam, A.S., Garba, A.A. (2022). Growth, phenology and yield response of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to various sowing dates and nutrient sources in Bauchi State, Nigeria. Journal of Horticultural Science and Research. Vol. 5(1), pp. 200–208. Available at: https://scholars.direct/Articles/horticulture/jhsr-5-026.pdf.

22. Geleta, R.J., Roro, A.G., Terfa, M.T. (2024). Phenotypic and yield responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to different soil moisture levels. BMC Plant Biology. Vol. 24, Art. 242. DOI: 10.1186/s12870-024-04856-5.

23. DSTU EЭK OON FFV-06:2007. Kvasolja. Nastanovy shhodo postachannja i kontroljuvannja jakosti. Nacional'nyj standart Ukrai'ny [DSTU UNECE FFV-06:2007 Beans. Guidelines for supply and quality control. National Standard of Ukraine]. Kyiv, DP "UkrNDNTs", 2007, 24 p.

24. DSTU 4138–2002. Nasinnja sil's'kogospodars'kyh kul'tur. Metody vyznachennja jakosti: [DSTU 4138–2002. Seeds of agricultural crops. Methods for quality determination]. Kyiv, Derzhstandart of Ukraine, 2003, 173 p.

25. Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I. (2001). Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstv [Methodology of experimental research in vegetable growing and melons]. Kharkiv, Osnova, 369 p.

26. Pramanik, K., Sahu, G.S., Acharya, G.C., Tripathy, P., Dash, M., Koundinya, A.V.V., Jena, C., Kumar, D.S., Mohapatra, P.P., Pradhan, J., Karubakee, S., Moharana, D.P. (2024). Estimating phenotypic stability for relevant yield and quality traits in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using AMMI analysis. Heliyon. no. 10(5), e26918. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e26918

27. Oliveira, R.L., Muniz, J.A., Andrade, M.J.B., Reis, R.L. (2009). Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. Ciência e Agrotecnologia. Vol. 33, pp. 113–119.

28. Porcher, M.H. (2005). Introducing flageolet beans. Multilingual Multiscript Plant Name Database. The University of Melbourne. Available at: https://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Flageolet.html.

29. Ron, A.M., Ferreyra, M., Menéndez-Sevillano, M.C., Ibarra, L., Anta, G.G., Perrig, D., Rodiño, P., Bedmar, E.J. (2017). Diversity and conservation of wild and primitive common bean germplasm and their associated rhizobia in the Andean region. Legumes for Global Food Security. Nova Science Publishers.

30. Redden, R.J., Delacy, I.H., Butler, D.G., Usher, T. (2000). Analysis of line × environment interactions for yield in navy beans. Australian Journal of Agricultural Research. Vol. 51(5), pp. 607–617.

31. Girgel, Ü. (2025). System-specific determinants of seed yield in common bean: Insights from conventional and organic path analyses. Legume Research – An International Journal. Advance online publication. DOI: 10.18805/LRF-893.

32. Faria, L.C., Del Peloso, M.J., Melo, L.C. (2005). Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum; base genética da produtividade de grãos do feijoeiro comum no Brasil e no mundo. Santo Antônio de Goiás, EMBRAPA, pp. 64–65.

33. Londero, P.M.G., Ribeiro, N.D., Cargnelutti Filho, A., Rodrigues, J.A., Antunes, I.F. (2006). Herança dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Vol. 41(1), pp. 51–58.

34. Backes, R.L., Tavares, E., Hemp, S., Nicknich, W. (2005). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no estado de Santa Catarina. Acta Scientiarum Agronomy. Vol. 27(2), pp. 309–314.

35. Melo, L.C., Faria, L.C., Del Peloso, M.J., Costa, J.G.C., Rava, C.A., Lemes, G.C., Cabrera Diaz, J.L., Abreu, A.F.B., Zimmermann, F.J.P. (2005). Adaptabilidade e estabilidade de produção da cultivar BRS Supremo em diferentes regiões brasileiras. Comunicado Técnico. no. 104, 4 p.

36. Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T., Toker, C. (2018). The nutritional content of common bean (Phaseolus vulgaris L.) landraces in comparison to modern varieties. Agronomy. Vol. 8(9), Art. 166. DOI: 10.3390/agronomy8090166.

Yield of shell bean depending on cultivar type and technological purpose under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Yatsenko V., Lutsenko I., Yatsenko N., Rohalskyi S., Sichkar A., Klymovych N., Ostapchuk V.

The absence of clear standardization of vegetable bean varieties in Ukraine according to their technological purpose complicates the scientifically grounded selection of cultivars for different areas of use. Of particular relevance is the differentiation between snap (asparagus) and shell (flageolet) varietal types, taking into account their productive potential under specific soil and climatic conditions.

The research was conducted in 2024–2025 at the experimental fields of the Department of Crop Production of Uman National University of Horticulture under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The yield of pods, flageolet (immature seeds), and dry grain was determined.

The analysis of the results revealed a significant differentiation among varieties in terms of productivity. Among vegetable varieties, the highest pod yield was obtained from Berggold (29.12 t/ha) and Supernano Giallo (25.22 t/ha), exceeding the standard by 159 % and 124 %, respectively. The flageolet yield of these varieties reached 14.12 t/ha (Supernano Giallo) and 13.03 t/ha (Berggold).

In the flageolet varietal group, the highest production of immature seeds was recorded for the variety Elsa (15.48 t/ha). The average yield across the sample amounted to 19.56 t/ha for pods, 11.16 t/ha for flageolet, and 3.39 t/ha for dry grain.

The analysis of the ratio between the mass of flageolet and pod valves showed that in the selected vegetable bean varieties (Topcrop, Berggold, Supernano Giallo), the proportion of immature seeds and pod valves was nearly equal (approximately 50:50), which brings them closer in pod morphological structure to universal-type varieties. In contrast, classical flageolet-type varieties were characterized by a predominance of immature seeds, reaching 73 %, while the proportion of pod valves decreased to 27 %, indicating their clear genetic orientation toward the formation of productive immature seeds.

Thus, the increased flageolet yield in Topcrop, Berggold, and Supernano Giallo is mainly due to the overall high level of pod biomass, particularly the development of fleshy valves, rather than a specialized orientation toward the accumulation of immature seeds.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, cultivar type, pod yield, flageolet, grain.

Copyright: Яценко В.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:

Яценко В.В.	https://orcid.org/0000-0003-2989-0564
Луценко І.С.	https://orcid.org/0009-0001-1966-5091
Яценко Н.В.	https://orcid.org/0000-0003-3752-314X
Рогальский С.В.	https://orcid.org/0009-0007-5739-8717
Січкар А.О.	https://orcid.org/0009-0005-0169-8839
Климович Н.М.	https://orcid.org/0000-0002-6373-8534
Остапчук В.В.	https://orcid.org/0009-0003-0522-533X

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.099:574

Аналіз стану газонних покривів території Уманського національного університету

Бровді А.А., Кунпан Л.В.

Уманський національний університет

Бровді А.А. E-mail: abrovdi@ukr.net

Бровді А.А., Кунпан Л.В. Аналіз стану газонних покривів території Уманського національного університету. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 220–226.

Brovdi A., Kunpan L. Analysis of lawns condition at Uman National University. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 220–226.

Рукопис отримано:05.03.2026 р.
Прийнято: 20.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-220-226

ISSN 2310-9270

Газони займають значну частку серед міських зелених насаджень та відіграють важливу санітарно-гігієнічну та естетичну роль. Їх довговічність та декоративність забезпечується використанням стійких злакових видів та збалансованих травосумішей, адаптованих до умов вирощування. Досліджено, що найбільш поширеними представниками рудеральних рослин на газонах різного функціонального призначення Уманського національного університету є кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg.), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), подорожник великий (*Plantago major* L.), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould), деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.), мишій зелений (*Setaria viridis* (L.) P.Beauv.). Визначено, що рівень забур'яненості газонних ділянок території УНУ переважно є помірним та середнім (3–4 бали). Найбільш засмічені бур'янами спортивні газони, де рудеральні рослини місцями витісняють культурні трави. З'ясовано, що характер змикання травостою на декоративних газонах здебільшого зімкнуто-мозаїчний, тимчасом на спортивних – роздільно-груповий і мозаїчно-груповий, що зумовлено значним антропогенним навантаженням. Щільність пагонів у декоративних газонів становила 75–118 шт./100 см², у спортивних газонів цей показник не перевищував 67 шт./100 см². У результаті комплексного оцінювання якості газонних покривів визначено, що декоративний газон, який знаходиться у пертерній частині університету можна віднести до категорії газонів хорошої якості. Якість спортивних газонів на території - помірна та погана, що вказує на необхідність їх відновлення.

Ключові слова: газонний покрив, декоративність, забур'яненість, якість травостою, характер змикання, проєктивне покриття.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Газони займають значну частку серед зелених насаджень у багатьох містах світу, покриваючи до 75 % їх відкритих просторів. Вони істотно впливають на міський пейзаж та відіграють важливу роль у повсякденному житті людей [1–3]. Газони створюють у приватних садах та громадських парках, на кладовищах, спортивних майданчиках та вздовж доріг [4]. Дернину часто використовують як найпростіше та найдешевше короткострокове рішення для покриття територій після знесення будівель або для озеленення покинутих територій [5].

Озеленення територій об'єктів обмеженого користування потребує індивідуального підходу через специфіку призначення, особливо це стосується закладів освіти [6]. Газони відіграють важливу роль в озелененні навчальних закладів. Вони мають важливе

санітарно-гігієнічне, естетичне та пізнавальне значення [7, 8]. Газонні покриви є частиною структурного та просторового планування територій, виконуючи декоративні, художні, пізнавальні та освітні функції [9, 10]. За функціональним призначенням газони поділяють на декоративні, спортивні та спеціальні. На території навчальних закладів найбільші площі займають саме декоративні та спортивні дернові покриття [11].

Незалежно від цільового призначення газонів, першочерговим критерієм за вибору травосуміші є стійкість видів до умов вирощування. Адаптовані види трав'янистих рослин потребуватимуть меншого догляду, що, відповідно, зменшить частку антропогенного впливу на навколишнє середовище [12, 13].

Газони створюють переважно зі злакових трав, які здатні пристосуватися до умов вирощування та формують рівномірне дернове покриття [14]. Найбільш стійкими видами, які здатні формувати декоративне дернове покриття за різних умов вирощування є *Festuca rubra* L., *Lolium perenne* L., *Agrostis stolonifera* та *Poa pratensis* [15, 16]. Ці види найчастіше використовують під час створення спортивних і декоративних газонів, оскільки утворена ними дернина достатньо щільна та пружна і не утворює купин у результаті витоптування [17, 18].

За створення газонів застосовують суміші кількох видів трав, які дозволяють отримати довговічний травостій, що зберігає декоративні якості [19]. До складу травосуміші мають входити такі види трав, які не витісняють цінні види та здатні формувати однорідну дернину. Травосуміші декоративних газонних покривів складаються переважно з двох – трьох компонентів [20].

Мета дослідження. Оцінити стан газонних покривів на території Уманського національного університету та розробити рекомендації щодо його поліпшення.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження стану газонних покривів території Уманського національного університету проводили упродовж 2023–2025 рр.

Клімат досліджуваної території - помірно континентальний, з м'якою зимою та теплим літом. Середньорічна температура повітря становить +8,8 °С, середнє значення відносної вологості повітря - 70 %. Сума опадів за рік у середньому становить 586 мм [16]. Ґрунтовий покрив представлено чорноземами опідзоленими важкосуглинковими малогумусними [21].

Оцінювання забур'яненості газонних покривів здійснювали за 6-бальною шкалою, де 0 – бур'яни відсутні; 1 – поодиноке забур'янення (1–3 бур'яни на 10 м^2); 2 – покриття до 5 % (3–5 бур'янів на 1 м^2); 3 – покриття 5–20 % (5–15 бур'янів на 1 м^2); 4 – покриття 20–50 % (20–30 бур'янів на 1 м^2); 5 – культура під загрозою, ступінь покриття 50–70 %; 6 – суцільне засмічення з покриттям 75–100 % [22].

Загальну декоративність газонів визначали за 5-бальною шкалою, яка враховує характер змикання травостою, його проєктивне покриття. Відповідно до зазначеної шкали у 5 балів оцінюють газони, проєктивне покриття яких становить 100 % (зімкнуто-дифузне); 4 бала – 70–80 % (зімкнуто-мозаїчне); 3 – 50–60 % (мозаїчно-групове); 2 - <50 % (роздільно-групове); 1 – 15–20 % (одиночно-роздільне) [23].

Якість газонів визначали за кількістю пагонів на 100 см^2 з урахуванням зони вирощування. Згідно зі шкалою у 6 балів оцінено газони з кількістю пагонів більше 120 шт., 5 – 100–120 шт.; 4 – 75–100; 3 – 50–75; 2 – 25–50; 1 - < 25 шт.

Комплексне оцінювання якості газонів здійснювали за 30-бальною шкалою, де 26–30 – газони вищої якості; 21–25 – відмінної; 17–20 – хорошої; 10–16 – задовільної; 5–9 – помірної; > 5 – поганої якості.

Результати дослідження та обговорення. Відповідно до візуального оцінювання стану газонних покривів території Уманського національного університету визначено, що найбільш поширеними представниками рудеральних рослин на газонах різного функціонального призначення є кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg.), подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.), грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), подорожник великий (*Plantago major* L.), пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould), деревій звичайний (*Achillea millefolium* L.), мишій зелений (*Setaria viridis* (L.) P.Beauv.).

Серед зазначених рослин значної шкоди газонним покривам завдає пирій повзучий (*Elymus repens* (L.) Gould), який, через потужну кореневу систему, швидко витісняє культурні трави, легко відновлюється з кореневищ та стійкий до скошування. Мишій зелений (*Setaria viridis* (L.) P.Beauv.) є одним з найбільш агресивних однорічних бур'янів, який утворює велику кількість насіння, що довго зберігає схожість. Кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg.) формує велику кількість насіння, яке легко поширюється вітром на сусідні території,

а також утворює щільну розетку, яка пригнічує газонні трави. Загалом, бур'яни швидко розростаються та витісняють газонні трави, знижуючи декоративні якості газонних культурфітоценозів.

У результаті візуального оцінювання ділянок території УНУ, вкритих газонними покривами визначено, що їх забур'яненість є помірною і середньою, що відповідає трьом та чотирьом балам (табл. 1). Найбільш істотне засмічення рудеральними рослинами спостерігали на спортивних газонах, де бур'яни подекуди витісняли культурні рослини.

Визначено, що характер змикання травостою у декоративних газонів переважно зімкнуто-мозаїчний, тимчасом у спортивних – роздільно-груповий та мозаїчно-груповий, що пов'язано з інтенсивним антропогенним навантаженням останніх (табл. 2).

Подекуди газонний покрив має розриви через надмірне витоптування, яке призводить до загибелі культурних трав та порушення цілісності газонного культурфітоценозу (рис. 1).

Визначено, що кількість пагонів на 100 см^2 у декоративних газонів коливалася у межах 75–118 шт. з найбільшим показником щільності у газону на території партерної частини УНУ, тимчасом кількість пагонів на спортивних газонах не перевищувала 67 шт. на 100 см^2 (табл. 3). Такі показники щільності культурних трав на спортивних газонах вказують на доцільність проведення капітального ремонту газонного покриву, який передбачає його повне відновлення.

У результаті комплексного оцінювання якості газонних покривів визначено, що лише декоративний газон, який знаходиться у партерній частині університету можна віднести до категорії газонів хорошої якості (табл. 4). Декоративні газони біля пам'ятника Альма-матер та адміністративного корпусу УНУ відносимо до газонів задовільної якості, тимчасом якість спортивних газонів визначено як помірну та погану.

Таблиця 1 – **Забур'яненість газонних покривів території УНУ,** 2023–2025 рр.

Дослідна ділянка	Тип газонного покриву	Оцінка, бал
Партер	декоративний	3
Пам'ятник Альма-матер	декоративний	4
Адміністративний корпус	декоративний	3
Футбольне поле	спортивний	4
Спортивний майданчик	спортивний	5

Таблиця 2 – **Загальна декоративність газонних покривів,** 2023–2025 рр.

Дослідна ділянка	Характер змикання травостою	Проєктивне покриття, %	Оцінка, бал
Партер	зімкнуто-дифузне	100	4
Пам'ятник Альма матер	зімкнуто-мозаїчне	70–80	3
Адміністративний корпус	зімкнуто-мозаїчне	70–80	4
Футбольне поле	мозаїчно-групове	50–60	3
Спортивний майданчик	роздільно-групове	<50	2

Рис. 1. **Газонні покриви спортивного типу на території УНУ.**

Таблиця 3 – **Оцінювання якості газонних покривів території УНУ,** 2023–2025 рр.

Дослідна ділянка	Кількість пагонів на 100 см^2	Оцінка, бал
Партер	118	5
Пам'ятник Альма-матер	75	4
Адміністративний корпус	87	4
Футбольне поле	67	3
Спортивний майданчик	48	2

Таблиця 4 – **Комплексне оцінювання якості газонних покривів,** 2023–2025 рр.

Дослідна ділянка	Оцінка якості А	Оцінка декоративності В	Загальна максимальна оцінка якості А*В	Показник якості
Партер	5	4	20	хорошої
Пам'ятник Альма-матер	4	3	12	задовільної
Адміністративний корпус	4	4	16	задовільної
Футбольне поле	3	3	9	помірної
Спортивний майданчик	2	2	4	поганої

Проведене оцінювання якості газонних покривів вказує на необхідність проведення належного та своєчасного агротехнічного догляду за ними. Зокрема, особливу увагу необхідно приділяти аерації та підживленню спортивних газонів. Аерація знижує ущільнення ґрунту, поліпшує газообмін між ґрунтом та атмосферою, запобігає застою води та підвищує стійкість газонного покриву до посухи, а також поліпшує засвоєння поживних речовин у разі застосування добрив. Збалансоване підживлення газонів сприяє швидкому відновленню рослин після фізичного навантаження та скошування, забезпечує зміцнення кореневої системи, формування щільного трав'яного покриву та покращує естетичний вигляд газонних травостоїв. Важливе значення має скошування та полив газонів, які забезпечують підтримку життєздатності та декоративності газонів. Регулярна обробка газонної дернини препаратами для запобігання ураження хворобами та шкідниками і поширення бур'янів сприятиме довготривалому збереженню якості травостоїв.

Висновки. Встановлено, що на газонах різного функціонального призначення Уманського національного університету найпоширенішими рудеральними видами є кульбаба лікарська, подорожник ланцетолистий, грицики звичайні, подорожник великий, пирій повзучий, деревій звичайний та мишій зелений. Найбільшої шкоди газонним покривам завдає пирій повзучий. Рівень забур'яненості газонів помірний та середній (3–4 бали), зокрема найбільш засміченими є спортивні газони, де рудеральні види місцями витісняють культурні трави. Виявлено відмінності у характері змикання травостоїв: для декоративних газонів характерним є зімкнуто-мозаїчний тип, тимчасом для спортивних – роздільно-груповий і мозаїчно-груповий, що зумовлено підвищеним антропогенним навантаженням. Щільність пагонів у декоративних газонів коливалася у межах 73–118 шт./100 см², у спортивних – не перевищувала 67 шт./100 см². За результатами комплексного оцінювання встановлено, що декоративний газон партерної частини університету має добру якість травостою, тимчасом спортивні газони - помірну та низьку якість і потребують відновлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. The lawn as a social and cultural phenomenon in Sweden / M. Ignatieva et al. Urban Forestry & Urban Greening. 2017. No 21. P. 213–223

2. Таран Н.Ю., Косик О.І., Бацманова Л.М., Туріца П.П. Газон в ландшафтному дизайні міських просторів. Теорія та практика дизайну. 2023. Вип. 27. С. 221–227.

3. Бутенко А.О., Гриб Т.О., Клименченко Т.Г. Принципи формування та догляд за газонами. The 15th International scientific and practical conference: «Modern science and practice». Варна, 2020. С. 96–100.

4. Lawn as a cultural and ecological phenomenon: a conceptual framework for transdisciplinary research / M. Ignatieva et al. Urban forestry & urban greening. 2015. No 14(2). P. 383–387.

5. Ignatieva M., Haase D., Dushkova D., Haase A. Lawns in cities: from a globalised urban green space phenomenon to sustainable nature-based solutions. Land. 2020. No 9(3). 73 p.

6. Страшок О.Ю., Колесніченко О.В., Крівова Д.Ю., Лещенко Ю.В. Оцінювання якісного стану газонного культурфітоценозу на території саду будинку Уряду України. Український журнал лісівництва та деревинознавства. 2019. № 10 (4). С. 92–102.

7. Grynyov R. Technology of landscaping educational institutions. Project as a basis for environmental education of physics teachers during their fundamental training: Israeli experience. Comparative Professional Pedagogy. 2024. No 14(1). P. 123–133.

8. Чепур С.С. Лучні асоціації – важливе джерело кормових і рекреаційних ресурсів специфічних агроландшафтів гірсько-лісового поясу Карпат. Корми і кормовиробництво. 2015. № 80. С. 139–143.

9. Hassan I. Discovering the Capabilities of Landscaping in Academic Institutions in the 21st Century. Journal of African Innovation and Advanced Studies. 2025. Vol. 7(2). P. 111–120.

10. Handl Z.A., Fakhria A.A.A., Azhar M.A.S. Studying the effect of natural and artificial components in the design of external landscapes for educational institutions. NeuroQuantology. 2022. No 20(11). P. 2985–2997.

11. Ковтун С.І. Газони: навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Львів: Світ, 2008. 64 с.

12. Christians N.E., Engelke M.C. Choosing the right grass to fit the environment. Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. 2020. P. 99–112.

13. Бордюгов О.С., Бордюгова О.І. Досвід створення і догляду за газонами на територіях садово-паркових об'єктів Латвії: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи». Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. 146 с.

14. Kus C. Lawns and Ground Covers in Landscape Design. In Advances in Landscape Architecture. InTech. 2013. DOI: 10.5772/55768

15. Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Броннікова Л.Ф. Формування газонних трав на основі ґрунтозбереження в умовах паркової зони ВНАУ. Збалансоване природокористування. 2023. № 3. С. 108–114.

16. Бойко Т.О., Котовська Ю.С. Використання багаторічних злакових культур в озелененні міста Херсон. Аграрні інновації. 2023. № 17. С. 7–12.

17. Газони. Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.090103 «Лісове і садово-паркове господарство» / Ю.М. Чоловський та ін. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2014. 186 с.

18. Крупа Н.М., Хахула Б.В. Інноваційний підхід до формування високодекоративних дернових покриттів в умовах міста Біла Церква: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Інновації у садово-парковому господарстві України». Біла Церква: БНАУ, 2022. С. 14–17.

19. Ткачук О.М. Еколого-біологічна характеристика газонотвірних трав'яних рослин (на прикладі м. Івано-Франківськ): матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції науковців, науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів, здобувачів вищої освіти, представників органів влади, громадських організацій та підприємств «Наукові читання імені В.М. Виноградова». Херсон, 2023. 137 с.

20. Григорюк І.П., Яворовський П.П., Лихолат Ю.В. Технології вирощування і бірегуляція стійкості газонних рослин у міському урбанізованому середовищі. Київ: НУБіП України, 2014. 223 с.

21. Мороз Е.К. Кореневласні троянди у Національному дендропарку «Софіївка». Умань: АЛМИ, 2006. 174 с.

22. Fish D.T. Rose Budding; containing full instructions for the successful performance of this operation. UK: F. PHILLIPS, 1875. 192 p.

23. Лаптев А.А. Газони. Київ: Наукова думка, 1983. 175 с.

REFERENCES

1. Ignatieva, M., Eriksson, F., Eriksson, T., Berg, P., Hedblom, M. (2017). The lawn as a social and cultural phenomenon in Sweden. Urban Forestry & Urban Greening. no. 21, pp. 213–223.

2. Taran, N.Yu., Kosyk, O.I., Batsmanova, L.M., Turitsa, P.P. (2023). Hazon v landshaftnomu dyzaini miskykh prostoriv [Lawns in the landscape design of urban spaces]. Teoriia ta praktyka dyzainu [Theory and practice of design]. Issue 27, pp. 221–227.

3. Butenko, A.O., Hryb, T.O., Klymenchenko, T.H. (2020). Pryntsypy formuvannia ta dohliad za hazonamy [Principles of lawn formation and care]. The 15th International scientific and practical conference: «Modern science and practice». Varna, pp. 96–100.

4. Ignatieva, M., Ahrne, K., Wissman, J., Eriksson, T., Tidaker, P., Hedblom M., Bengtsson, J. (2015). Lawn as a cultural and ecological phenomenon: a conceptual framework for transdisciplinary research. Urban forestry & urban greening. no. 14(2), pp. 383–387.

5. Ignatieva, M., Haase, D., Dushkova, D., Haase, A. (2020). Lawns in cities: from a globalised urban green space phenomenon to sustainable nature-based solutions. Land. no. 9(3), 73 p.

6. Strashok, O.Yu., Kolesnichenko, O.V., Krivova, D.Yu., Leshchenko, Yu.V. (2019). Otsiniuvannia yakisnoho stanu hazonnoho kulturfitotsenozu na terytorii sadu budynku Uriadu Ukrainy [Assessment of the lawn quality in the garden of building of the Cabinet of Ministers of Ukraine]. Ukrainskyi zhurnal lisivnytstva ta derevynoznavstva [Ukrainian Journal Of Forest And Wood Science]. no. 10(4), pp. 92–101.

7. Grynyov, R. (2024). Technology of landscaping educational institutions. Project as a basis for environmental education of physics teachers during their fundamental training: Israeli experience. Comparative Professional Pedagogy. no. 14(1), pp. 123–133.

8. Chepur, S.S. (2015). Luchni asotsiatsii – vazhlyve dzherelo kormovykh i rekreatsiinykh resur-

siv spetsyfichnykh ahrolandshaftiv hirsko-lisovoho poiasu Karpat [Meadow associations – an important source of fodder and recreational resources in specific agricultural landscapes of the mountain-forest belt of the Carpathians]. Kormy i kormovyrobnyctvo [Fodder and fodder production]. no. 80, pp. 139–143.

9. Hassan, I. (2025). Discovering the Capabilities of Landscaping in Academic Institutions in the 21st Century. Journal of African Innovation and Advanced Studies. Vol. 7(2), pp. 111–120.

10. Handl, Z.A., Fakhria, A.A.A., Azhar, M.A.S. (2022). Studying the effect of natural and artificial components in the design of external landscapes for educational institutions. NeuroQuantology. no. 20(11), pp. 2985–2997.

11. Kovtun, S.I. (2008). Hazony: navchalnyi posibnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv [Lawns: a textbook for higher education institutions]. Lviv, World, 64 p.

12. Christians, N.E., Engelke, M.C. (2020). Choosing the right grass to fit the environment. Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. pp. 99–112.

13. Bordiuhov, O.S., Bordiuhova, O.I. (2023). Dosvid stvorennia i dohliadu za hazonamy na terytoriiakh sadovo-parkovykh obiektiv Latvii: materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Pryrodnychi nauky: proiekty, doslidzhennia, perspektyvy» [Experience in creating and maintaining lawns in the territories of garden and park facilities in Latvia: materials of the IV International Scientific and Practical Conference "Natural sciences: projects, research, prospects"]. Poltava, State Institution "Taras Shevchenko National University of Lviv", 146 p.

14. Kus, C. (2013). Lawns and Ground Covers in Landscape Design. In Advances in Landscape Architecture. InTech. DOI: 10.5772/55768

15. Honcharuk, I.V., Pantsyreva, H.V., Bronnikova, L.F. (2023). Formuvannia hazonnykh trav na osnovi gruntozberezhennia v umovakh parkovoi zony VNAU [Formation of lawn grasses based on soil conservation in the park area of the VNAU]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia [Balanced nature management]. no. 3, pp. 108–114.

16. Boiko, T.O., Kotovska, Yu.S. (2023). Vykorystannia bahatorichnykh zlakovykh kultur v ozelenenni mista Kherson [The use of perennial cereal crops in the greening of the city of Kherson]. Ahrarni innovatsii [Agricultural innovations]. no. 17, pp. 7–12.

17. Cholovskyi, Yu.M. (2014). Hazony. Navchalnyi posibnyk dlia studentiv napriamu pidhotovky 6.090103 «Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo» [Lawns. Textbook for students majoring in 6.090103 “Forestry and Landscape Gardening”]. Vinnytsia, RVV VNAU, 186 p.

18. Krupa, N.M., Khakhula, B.V. (2022). Innovatsiinyi pidkhid do formuvannia vysokodekoratyvnykh dernovykh pokryttiv v umovakh mista Bila Tserkva: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity ta molodykh uchenykh «Innovatsii u sadovo-parkovomu hospodarstvi Ukrainy» [An innovative approach to the formation of highly decorative turf coverings in the city of Bila Tserkva: materials from the All-Ukrainian scientific and practical online conference for higher education students and young scientists "Innovations in the gardening and park management of Ukraine"]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 14–17.

19. Tkachuk, O.M. (2023). Ekoloho-biolohichna kharakterystyka hazonotvirnykh travianykh roslyn (na prykladi m. Ivano-Frankivsk): materialy V Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii naukovtsiv, naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv, zdobuvachiv vyshchoi osvity, predstavnykiv orhaniv vlady, hromadskykh orhanizatsii ta pidpryiemstv «Naukovi chytannia imeni V.M. Vynohradova» [Ecological and biological characteristics of gas-forming herbaceous plants (based on the example of Ivano-Frankivsk): materials of the V All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Scientists, Scientific and Pedagogical Workers, Doctoral Students, Postgraduates, Higher Education Seekers, Representatives of Government Authorities, Public Organizations, and Enterprises "Scientific Readings named after V. M. Vinogradov"]. Kherson, 137 p.

20. Hryhoriuk, I.P., Yavorovskyi, P.P., Lykholat, Yu.V. (2014). Tekhnolohii vyroshchuvannia i birehuliatsiia stiikosti hazonnykh roslyn u miskomu urbanizovanomu seredovyshchi [Technologies for growing and bioregulation of the stability of lawn plants in an urban environment]. Kyiv, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 223 p.

21. Moroz, E.K. (2006). Korenevlasni troiandy u Natsionalnomu dendroparku «Sofiivka» [Rootstock roses in the Sofiyivka National Arboretum]. Uman, ALMI, 174 p.

22. Fish, D.T. (1875). Rose Budding; containing full instructions for the successful performance of this operation. UK, F. PHILLIPS, 192 p.

23. Laptev, A.A. (1983). Hazony [Lawns]. Kyiv, Scientific opinion, 175 p.

Analysis of lawns condition at Uman National University

Brovdi A., Kunpan L.

Lawns occupy a significant share of urban green spaces and play an important sanitary and aesthetic role. Their durability and decorative value are ensured by the use of resilient grass species and well-balanced grass mixtures adapted to specific growing conditions.

The study revealed that the most common ruderal plant species found on lawns of various functional types at Uman National University include common dandelion (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg.), ribwort plantain (*Plantago lanceolata* L.), shepherd’s purse (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), broadleaf plantain (*Plantago major* L.), couch grass (*Elymus repens* (L.) Gould), common yarrow (*Achillea millefolium* L.), and green foxtail (*Setaria viridis* (L.) P.Beauv.).

In particular, couch grass (*Elymus repens* (L.) Gould) causes significant damage to lawn stands.

It was determined that the level of weed infestation of lawn areas within the university territory is predominantly moderate (3-4 points). Sports lawns were found to be the most heavily infested, where ruderal species occasionally displace cultivated grasses.

The study also established that the grass stand structure of ornamental lawns is predominantly closed mosaic, whereas sports lawns exhibit separate-group and mosaic-group patterns, which is attributed to significant anthropogenic pressure. Shoot density in ornamental lawns ranged from 75 to 118 shoots per 100 cm², while in sports lawns it did not exceed 67 shoots per 100 cm².

Based on a comprehensive quality assessment, the ornamental lawn located in the parterre area of the university was classified as high quality. In contrast, the quality of sports lawns was assessed as moderate to low, indicating the need for restoration.

Key words: lawn cover, ornamental value, weed infestation, grass stand quality, grass stand closure pattern, projective cover.

Copyright: Бровді А.А., Кунпан Л.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. https://orcid.org/0000-0003-1065-705X
Кунпан Л.В. https://orcid.org/0009-0006-7864-2718

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 712.4(477.64-25)

Проєктні пропозиції з озеленення та благоустрою території Козацького ліцею в м. Запоріжжя

Кобець О.В., Мельнікова І.О.

Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія

Кобець О.В. E-mail: kobets1oks@gmail.com

Кобець О.В., Мельнікова І.О. Проєктні пропозиції з озеленення та благоустрою території Козацького ліцею в м. Запоріжжя. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 227–236.

Kobets O., Melnikova I. Project proposals for landscaping and improving the Kozak lyceum territory of Zaporizhzhia. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 227–236.

Рукопис отримано: 16.02.2026 р.
Прийнято: 03.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-227-236

ISSN 2310-9270

Зелені насадження на територіях навчальних закладів виконують санітарно-гігієнічні, естетичні, рекреаційні та навчально-виховні функції. Більшість насаджень шкіл та ліцеїв Запоріжжя вже достатньо вікові і потребують заходів щодо відновлення та реконструкції. Така робота ведеться у Запорізькому Козацькому ліцеї, вул. Щаслива, 2. Більша частина території ліцею наразі реконструйована, неоформленою залишилася ділянка за навчальним корпусом ліцею, що обумовило необхідність розробки проєктних пропозицій щодо покращення її декоративного стану. На основі передпроєктних обстежень й аналізу ґрунтово-кліматичних умов вперше розроблено проєкт благоустрою та озеленення ділянки, прилеглої до навчального корпусу Козацького ліцею. Загальне планувальне рішення прийнято зробити у змішаному стилі, який дозволяє поєднати пейзажні групові посадки з лінійними і ритмічними. Асортимент рослин підібрано з аборигенних і адаптованих інтродукованих рослин з метою забезпечити тривалу декоративність, різноманіття і мінімальний догляд.

Передбачена проєктом доріжка умовно поділяє ділянку на дві частини – прямокутну перед навчальним корпусом і трикутну – уздовж паркану.

Центральну частину ділянки перед корпусом пропоновано зайняти відкритою галявиною, що забезпечить гарний огляд з вікон будівлі. Вона слугуватиме платформою для мальовничих пейзажних груп з хвойних і листяних чагарників. Плавний перехід між цими групами утворять три живоплоти з різновисоких чагарників. Фокусом рослинної композиції на трикутній ділянці має стати група з трьох ялин колючих «Glauca». Уздовж найбільшої сторони запропоновано висадити ряд штамбових плакучих модрин європейських з чорнобривцями прямостійкими у пристовбурних колах. Створення насаджень надасть можливість вихованцям ліцею доглядати за окремими композиційними одиницями створеного ландшафту. Рівень благоустрою ділянки буде покращено завдяки доріжці з тротуарної плитки, що зробить комфортним транзитний рух через ділянку. Реалізація цього проєкту дозволить завершити тривалий процес відновлення і формування нових зелених насаджень на території навчального закладу. Розрахункова вартість реалізації проєктних пропозицій становить 150260,00 грн.

Ключові слова: озеленення навчальних закладів, реконструкція насаджень, благоустрій, генеральний план, змішаний стиль, декоративні чагарники.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Більшість навчальних закладів Запоріжжя нараховують кілька десятиліть існування, відповідно й зелені насадження на їх території вже достатньо вікові. На сьогодні термін експлуатації цих насаджень майже вичерпаний, тому назріла необхідність їх оновлення з урахуванням специфічності використання цих територій [3–5]. Під час проєктування заходів з реконструкції насаджень навчальних закладів потрібно максимально врахувати мету створення зеленої зони, функціональність об'єкта, місцеві природно-кліматичні умови, видовий склад природної флори, рекреаційне навантаження, а також естетичну привабливість [1, 6, 7].

Козацький ліцей у м. Запоріжжя – навчальний заклад з багаторічною історією, керівники якого багато зробили для його розвитку. Із 2013 року в закладі проходила масштабна реконструкція зелених насаджень. Були створені український сад-кантрі, спортивні галявини, сосновий гай, регулярний сад з топіарними формами тощо. Неоформленою залишилася лише ділянка зі східного боку навчального корпусу ліцею, що обумовило необхідність розробки проєкту озеленення та благоустрою для цієї локації.

Питання озеленення територій навчальних закладів повставало у науковій спільноти неодноразово: у різних джерелах надаються рекомендації з озеленення зелених зон, пропонується асортимент рослин для використання на цих об'єктах, способи їх вирощування та особливості утримання й догляду. Вивченням зелених насаджень урбанізованих територій спеціального призначення загалом та озелененням загальноосвітніх закладів зокрема займалися О.М. Байрак, В.М. Черняк, О. Бочелюк, Т.О. Бойко, О.І. Дементьєва, Л.В. Кунпан, М.Ю. Осипов, І.О. Рибалка, S. Mrđan, M. Ljubojević, N. van den Bogerd, D. Hovinga, Robert D. Brown, Robert C. Corry та ін. [3, 4, 6, 8–13].

Головними науковими засадами щодо формування зелених насаджень загальноосвітніх навчальних закладів можна визначити наступні:

функціональне зонування – розподілення території на уособлені зони (навчальна, рекреаційна, спортивна тощо) з підбором відповідних рослин [14, 15];

екологічна відповідність місцевим природно-кліматичним умовам з використанням адаптованих інтродуцентів й аборигенних рослин, що потребують мінімального догляду [16, 17];

використання фітонцидних та захисних властивостей рослин: підбір видів з фітонцидною активністю, створення захисних смуг з деревних рослин, що знижують рівень шуму, пилу та збагачують повітря киснем [6, 11, 12];

естетичне та освітнє значення: формування декоративного ландшафту, який слугуватиме базою для проведення уроків, екскурсій, дитячої науково-дослідної роботи та сприятиме засвоєнню навчального матеріалу з біології, екології, природознавства тощо [2, 3, 5, 8, 9, 18].

Мета дослідження. Розроблення проєкту озеленення та благоустрою частини території Козацького ліцею поряд з навчальним корпусом з метою виконання ділянкою рекреаційної й санітарно-гігієнічної функцій, а також створення умов для організації науково-дослідної та навчально-виховної роботи з учнями ліцею.

Матеріал і методи дослідження. Комунальний заклад «Запорізька спеціалізована школа-інтернат II–III ступенів «Козацький ліцей»» Запорізької обласної ради розташований у м. Запоріжжя в Дніпровському районі за адресою вул. Щаслива, 2.

Інвентаризацію зелених насаджень, будівель, споруд та інженерних мереж проведено на основі геодезичних матеріалів відповідно до Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України [19]. За допомогою біометричних показників було визначено вік деревних рослин [20]. Обстеження ґрунтових умов проведено за такими показниками як гранулометричний склад ґрунту, кислотність ґрунтового розчину, забарвлення і структура ґрунту [21]. Назви рослин наведено відповідно до Browse the WFO Plant List [22].

Результати дослідження та обговорення. Ділянка проєктування розташована за корпусом правого крила будівлі ліцею, зі східного його боку і являє собою витягнуту уздовж будівлі ділянку у вигляді прямокутної трапеції з довжиною біля основи 55 м, шириною 15 м. Загальна площа ділянки 725 м^2. Орієнтація ділянки – з південного сходу на північний захід, внаслідок чого ділянка частину дня знаходиться у тіні. З півдня, сходу і півночі ділянка обмежена доріжками, вимощеними тротуарною плиткою, з заходу – будівлею ліцею і парканом, що відокремлює спортивний майданчик. Між будівлею і парканом існує вихідна хвіртка, що передбачає влаштування доріжки до цього виходу з території закладу. Рельєф ділянки рівний і не потребує заходів щодо вертикального планування. На ділянці

наявні інженерні мережі водогону та каналізації з оглядовими колодязями (рис. 1), розташування яких було враховано під час розробки проєктних пропозицій (відповідно до пункту 8.12.7. Правил утримання зелених насаджень в населених пунктах України [23]).

Обстеження ґрунтових умов ділянки проєктування показало, що ґрунт на ділянці середньосуглинний, колір ґрунту – темно-коричнево-сірий, із вмістом гумусу близько 3 %. Структура ґрунту – грудкувато-зернисто-пилувата.

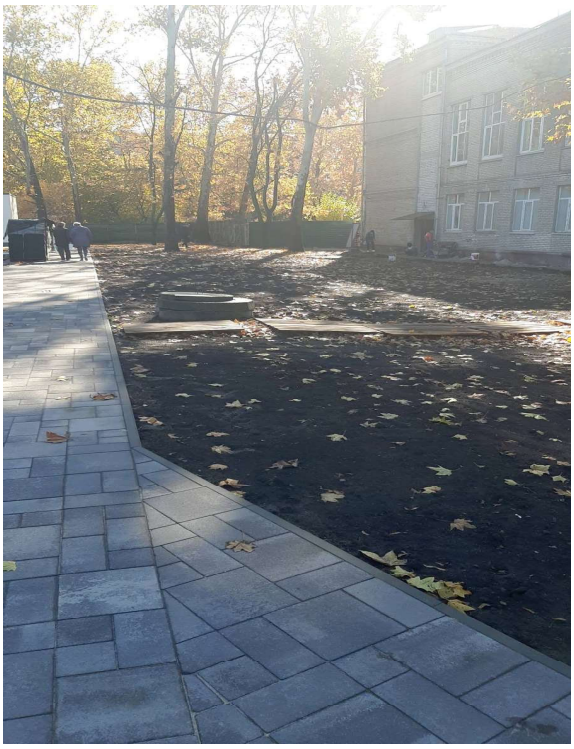


Рис. 1. **Ділянка проєктування. Сучасний стан** (фото авторів).

Інвентаризація рослинності показала, що на ділянці зростають 3 дерева платану східного (*Platanus orientalis L.*) віком понад 50 років, у доброму санітарному стані, кроновані, тому було прийняте рішення залишити їх на ділянці.

Загальне планувальне рішення було прийнято зробити у змішаному стилі, який дозволяє поєднати пейзажні групові посадки з лінійними і ритмічними (рис. 2).

Асортимент рослин було підібрано з аборигенних і адаптованих інтродукованих рослин з метою забезпечити тривалу декоративність, різноманіття і мінімальний догляд (рис. 3). Насадження формували у такий спосіб, щоб надати можливість окремим класам або групам учнів спостерігати і доглядати за окремими групами і композиційними одиницями створеного ландшафту (групами, рядовими посадками, живоплотами, квітковими групами тощо) (рис. 4, 5).

Доріжка, яка слугуватиме проходом до хвіртки між корпусом і парканом, умовно поділяє ділянку проєктування на дві частини – прямокутну, яка розташована безпосередньо перед корпусом і трикутну – уздовж паркану навколо спортивного майданчика.

Просторова побудова ділянки перед корпусом передбачає чергування відкритих і закритих просторів. Центральну частину пропонується зайняти відкритою галявиною, що забезпечить гарний огляд рослинних композицій з вікон будівлі. Вона слугуватиме горизонтальною платформою для високої групи із сосен звичайних (*Pinus sylvestris L.*), сформованих у вигляді «пінії», золотисто-помаранчевий колір кори яких виразно підкреслить сріблясто-блакитна хвоя ялівцю козацького «Glauca» (*Juniperus sabina L.*).

Зі східного боку розташовуватиметься складна змішана група з ялівцю козацького (*Juniperus sabina L.)*, ялівцю скельного «Skyrocket» *(Juniperus scopulorum Sarg.*), дерену криваво-червоного «Sibirica» (*Cornus sanguinea L.*), таволги японської «Golden flame» (*Spiraea japonica L.f.*), яка зберігатиме декоративність впродовж року.

Із західного боку ділянки пропонується висадити пейзажну вічнозелену групу з колоноподібної туї західної «Columna gold» (*Thuja occidentalis L.)* різної висоти у поєднанні з широкогілочником східним «Aurea nana» (*Platycladus orientalis (L.) Franco*), кулястою туєю західною «Globosa», ялівцем козацьким «Glauca» та ялівцем середнім «Old Gold» (*Juniperus × pfitzeriana (Späth) P.A.Schmidt*).

Плавний перехід між цими групами утворять три живоплоти, утворені з двох видів різновисоких чагарників: туї західної верескоподібної «Ericoides» та глодівцю червоного (*Pyracantha coccinea M.Roem.*), бирючини звичайної (*Ligustrum vulgare L.*) й таволги японської «Little princess», глодівцю червоного та бирючини звичайної жовтолистої «Aurea». Регулярні малі групи у вигляді півкола з ялівцю козацького «Tamariscifolia» пропонується розташувати уздовж мощеної доріжки, що оточує ділянку з трьох боків. Прямий кут перетину доріжок пом'якшить група з ялівцю середнього «Old Gold» у поєднанні з гарноквітучою хризантемою корейською (*Chrysanthemum ×koreanum hort.*) сорту «Wi Willy» рожевого кольору.

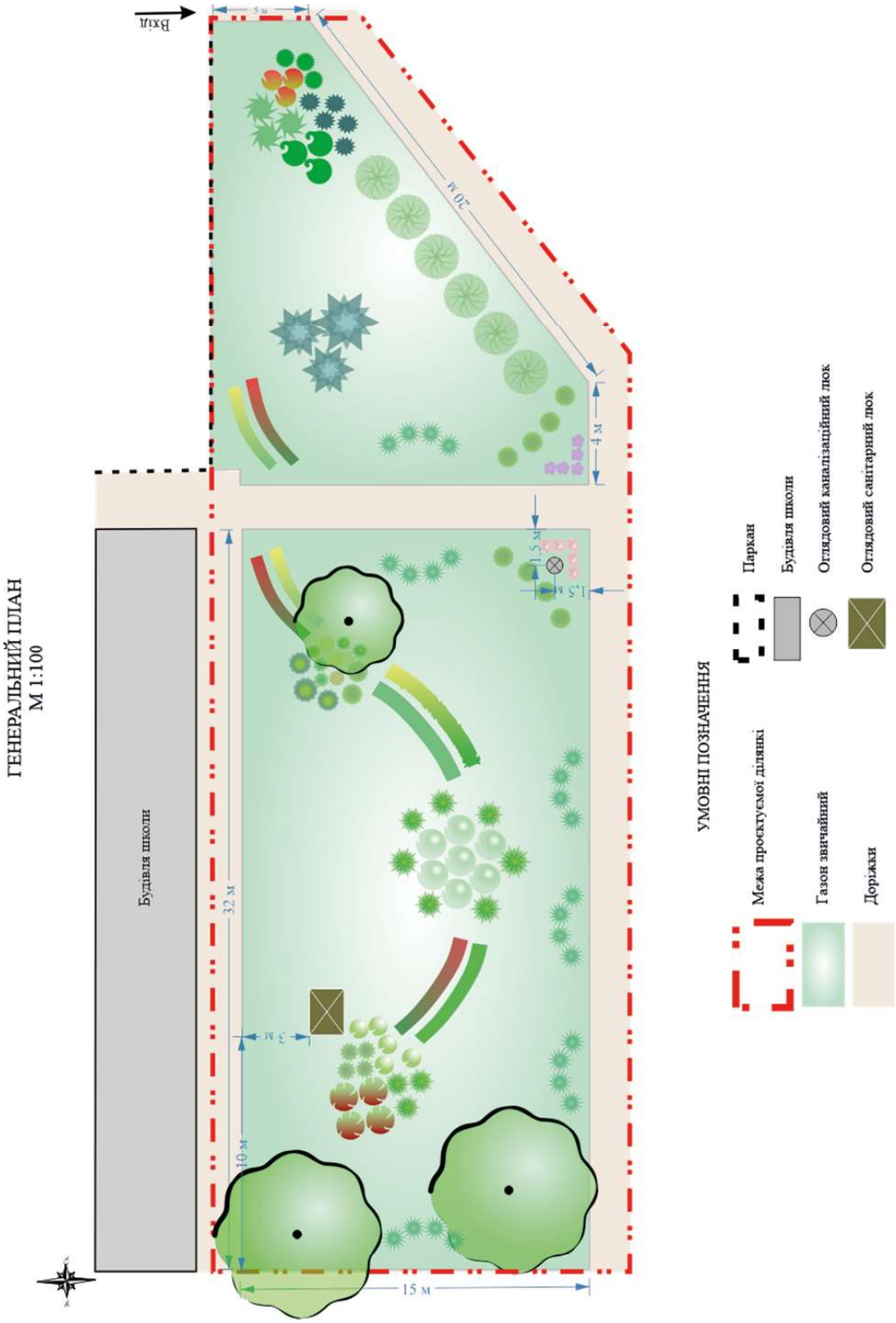


Рис. 2. **Генеральний план.**

ВІДОМІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ОЗЕЛЕНЕННЯ

№ з\п	Позначення	Найменування	Кількість шт.	Примітка
1		Ялина колюча «Glauca» крупномір *Picea glauca (Moench) Voss.*	3	Проєктована
2		Модрина європейська, форма плакуча *Larix decidua (L.) Mill.*	6	Проєктована
3		Туя західна «Globosa» *Thuja occidentalis L.*	3	Проєктована
4		Широкогілочник східний «Aurea nana» *Platycladus orientalis (L.)*	3	Проєктований
5		Сосна звичайна, форма «Пінія» *Pinus sylvestris L.*	7	Проєктована
6		Ялівець скельний «Skyrocket» *Juniperus scopulorum Sarg.*	4	Проєктований
7		Туя західна «Columna gold», різної висоти *Thuja occidentalis L.*	3	Проєктована
8		Ялівець звичайний «Arnold» різновисокий *Juniperus communis L.*	3	Проєктований
9		Туя західна «Danica» *Thuja occidentalis L.*	3	Проєктована
10		Ялівець середній «Old Gold» *Juniperus × pfitzeriana (Späth) P.A.Schmidt*	10	Проєктований
11		Ялівець козацький «Glauca» *Juniperus sabina L.*	10	Проєктований
12		Ялівець козацький «Tamariscifolia» *Juniperus sabina L.*	24	Проєктований
13		Ялівець горизонтальний «Blue chip» *Juniperus horizontalis Moench*	5	Проєктований
14		Туя західна «Ericoides» *Thuja occidentalis L.*	15	Проєктована
15		Платан східний *Platanus orientalis L.*	3	Існуючий
16		Дерен криваво-червоний «Sibirica» *Cornus sanguinea L.*	4	Проєктований
17		Таволга японська «Golden flame» *Spiraea japonica L.f.*	5	Проєктована
18		Таволга Бумальда *Spiraea × bumalda Burv.*	3	Проєктована
19		Барбарис Тунберга «Atropurpurea» *Berberis thunbergii DC.*	3	Проєктований
20		Глодівець червоний *Pyracantha coccinea M.Roem*	40	Проєктований
21		Бирючина звичайна «Aurea» *Ligustrum vulgare L.*	25	Проєктована
22		Таволга японська «Little princess» *Spiraea japonica L.f.*	20	Проєктована
23		Бирючина звичайна *Ligustrum vulgare L.*	20	Проєктована
24		Хризантема корейська «Wi Willy» рожева *Chrysanthemum ×koreanum hort.*	5	Проєктована
25		Хризантема корейська «Salto Violet» фіол. *Chrysanthemum ×koreanum hort.*	5	Проєктована
26		Чорнобривці прямостійні «Discovery F1» *Tagetes erecta L.*	50 г	Проєктовані
27		Газон звичайний	700 м²	Проєктований

Рис. 3. **Відомість елементів озеленення**

Рис. 4, 5. **3D-візуалізація проєктних пропозицій.**

Доріжка, що умовно розділяє ділянку проєктування на дві частини, слугуватиме віссю дзеркальної симетрії для елементів, розташованих уздовж неї. Живопліт з глодівцю червоного та бирючини звичайної жовтолистої «Aurea», напівкуляста регулярна група з ялівцю козацького «Tamariscifolia», кутова група з ялівцю середнього «Old Gold» у поєднанні з хризантемою корейською фіолетового сорту «Salto Violet» буде дзеркально відображена з іншого боку доріжки.

Центральним фокусом рослинної композиції на трикутній ділянці стане група з трьох ялин колючих (*Picea pungens Engelm.*) «Glauca» (крупномірів), розташованих на тлі трав'яного газону. Уздовж найбільшої сторони трикутника проєктом передбачено висадити ряд штамбових плакучих модрин європейських (*Larix decidua Mill.*), які задаватимуть ритму і врівноваженості. Пристовбурні кола під плакучими модринами пропонується оформити чорнобривцями прямостійними

(*Tagetes erecta L.*) сорту «Discovery F_1», жовтого кольору. Яскравим акцентом композиції цієї ділянки стане група з барбарису Тунберга «Atropurpurea» (*Berberis thunbergii DC*), туї західної «Danica», ялівцю звичайного (*Juniperus communis L.*) «Arnold» різновисокого, таволги Бумальда (*Spiraea × bumalda Burv.*), ялівцю горизонтального (*Juniperus horizontalis Moench*) «Blue chip».

Вільний простір між групами декоративних рослин пропоновано зайняти газоном звичайним, травосуміш якого рекомендовано скласти з посухостійких видів газонних трав: костриці лучної (*Lolium pratense (Huds.) Darbysh.*), тонконогу вузьколистого (*Poa angustifolia L.*), мітлиці білої (*Agrostis capillaris L.*), житняку гребінчастого (*Agropyron cristatum (L.) Gaertn.*) (табл. 1).

Таблиця 1 – **Рекомендований склад газонної травосуміші**

№ з/п	Компоненти травостою	Вміст у суміші, %	Норма висіву насіння у чистому вигляді, кг/га	Схожість, %
1	Костриця лучна	40	100	80
2	Тонконіг вузьколистий	35	130	80
3	Мітлиця біла	15	10	85
4	Житняк гребінчастий	10	50	75

Елементом благоустрою цієї ділянки, який передбачений проєктом, має стати доріжка шириною 1,6 м, яка забезпечить прохід з території школи до виходу. Як матеріал для мощення пропонується використати тротуарну плитку, вироблену способом вібропресування, яка характеризується довговічністю, високою міцністю, морозостійкістю, має шорстку поверхню та стійка до навантажень і зносу.

Кошторисна вартість озеленення та благоустрою території проєктування становить 150260,00 грн. Вартість садівного матеріалу – 68200,00 грн, проведення заходів з озеленення – 20460,00 грн. Влаштування доріжки коштуватиме 33600,00 грн, для газонного покриття витрати становитимуть 28000,00 грн. Скоротити вартість реалізації проєкту можна завдяки залученню до посадкових робіт педагогічних працівників та учнів старших класів.

Висновки. На основі виконаних передпроєктних робіт на ділянці, розташованій біля начального корпусу Козацького ліцею у м. Запоріжжя, було розроблено проєкт озеленення і благоустрою. Планувальне рішення ділянки поєднало регулярний і пейзажний стиль садового дизайну, що дозволило сполучити пейзажні групові посадки з лінійними і ритмічними. Асортимент рослин підібрано з аборигенних і адаптованих інтродукованих рослин з метою забезпечити тривалу декоративність, різноманіття і мінімальний догляд. Створення насаджень надасть можливість вихованцям ліцею спостерігати і доглядати за окремими групами і композиційними одиницями створеного ландшафту. Рівень благоустрою ділянки покращиться завдяки доріжці з тротуарної плитки, що зробить комфортним транзитний рух через ділянку. Реалізація цього проєкту дозволить завершити тривалий процес відновлення і формування нових зелених насаджень на території навчального закладу.

Розрахункова вартість реалізації проєктних пропозицій становить 150260,00 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко Т.О., Дементьєва О.І. Екологічні основи створення зелених насаджень на територіях загальноосвітніх закладів міста Херсона. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 100. Т. 1. С. 276–282. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/100_2018/part_1/41.pdf

2. Черняк В., Бочелюк О. Озеленення ділянки дошкільного навчального закладу. Тернопіль: Богдан, 2010. 392 с.

3. Байрак О.М., Черняк В.М. Наукові принципи оптимізації пришкільних 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

4. Li Yan. Study on Optimal Design of University Campus. Landscape on the Basis of Educational Function. International Conference on Arts, Design

and Contemporary Education (ICADCE 2015). 2015. P. 470–473. DOI: 10.2991/icadce15.2015.110

5. Кобець О.В., Бредіхіна Ю.Л. Проєкт реконструкції плодового саду Хортицької національної академії міста Запоріжжя. Науковий вісник НЛТУ України. 2021. Т. 31. № 3. С. 57–62. DOI: 10.36930/40310308

6. Кунпан Л.В., Осіпов М.Ю. Проєктні пропозиції з озеленення та благоустрою території Кузьминогребельського ліцею. Агробіологія. 2025. № 1. С. 276–286. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-276-286

7. 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-b36cfba6571310c8/content

8. Бойко Т.О., Нацук О.С. Особливості озеленення зелених зон дошкільних навчальних закладів. Інноваційні підходи до формування та управління антропогенними і природними екосистемами півдня України: матеріали науково-практичної Інтернет-конференції викладачів, молодих вчених та здобувачів вищої освіти. Херсон, 2020. С. 47–50.

9. Байрак О.М. Шляхи оптимізації озеленення території навчальних закладів в Україні. Екологічний вісник. 2009. № 4 (56). С. 23–24.

10. Рибалка І.О., Бикова П.П., Вергелес Й. І. Ландшафтно-просторова структура території загальноосвітнього навчального закладу: пропозиції щодо оптимізації. Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. 2025. Т. 3. № 191. С. 242–251. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-3-191-242-251

11. Poisonous and allergenic plant species in preschool's and primary school's yards in the city of Novi Sad / S. Mrđan et al. Urban Forestry & Urban Greening. 2017. 25. P. 112–119. DOI: 10.1016/j.ufug.2017.05.007

12. Nicole van den Bogerd, Dieuwke Hovinga, Jelle A. Hiemstra, Jolanda Maas. The Potential of Green Schoolyards for Healthy Child Development: A Conceptual Framework. Forests. 2023. No 14(4). 660 p. DOI: 10.3390/f14040660

13. Robert D. Brown, Robert C. Corry. Evidence-Based Landscape Architecture for Human Health and Well-Being. Sustainability. 2020. No 12(4). 1360 p. DOI: 10.3390/su12041360

14. Бойко Т.О., Дементьєва О.І. Особливості створення проекту реконструкції та озеленення територій загальноосвітніх навчальних закладів. Таврійський науковий вісник. Екологія, іхтіологія та аквакультура. 2019. № 108. С. 207–217. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.108.28

15. 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

16. Бойко Т.О., Шмігель А., Мігуля О. Екологічні основи озеленення загальноосвітніх закладів міста Херсона. Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва: матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Тернопіль, 2017. С. 55–57.

17. Семенюк С.К., Бойко Т.О., Мотузна О.Є., Торбіна О.В. Створення проєкту реконструкції та озеленення зеленої зони Херсонського ліцею № 57. Таврійський науковий вісник. 2024. № 139. Частина 2. С. 284–293. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/139_2024/part_2/37.pdf

18. Boiko T., Torbina L., Zavgorodnya G. Landscaping of General Secondary Education Institutions and its influence on the Formation of Schoolchildren's Artistic Taste. Path of Science: International Electronic Scientific Journal. 2021. Vol. 7. No 7. P. 4001–4007. DOI: 10.22178/pos.72-5.

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. Бовсуновський Є.О., Рябчевський О.В., Браткова К.Ю. Сучасні методи вимірювання параметрів зелених насаджень. Наукоємні Технології. 2018. № 37 (1). С. 80–86. DOI: 10.18372/2310-5461.37.1237412.

21. Панас Р.М. Ґрунтознавство: підручник. Львів:«Новий світ», 2021. 372 с.

22. The World Flora Online. URL: https://wfoplantlist.org/.

23. Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України. Київ, 2006. URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0301-94.

REFERENCES

1. Bojko, T.O., Dement'jeva, O.I. (2018). Ekologichni osnovy stvorennja zelenyh nasadzhen' 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 Bulletin]. Issue 100, pp. 220–229. DOI: 10.77(635.9)/712.4.01/712.254(256)

2. Cherniak, V.M., Bocheliuk, O.I. (2010). Ozelenennja diljanki doshkil'nogo navchal'nogo zakladu [Landscaping of the preschool area]. Ternopil, Educational book – Bogdan, 392 p.

3. 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. Available at: https://science.btsau.edu.ua/sites/default/files/tezy/material_tezy_ozelen_14-16.05.2020.pdf

4. Li, Yan (2015). Study on Optimal Design of University Campus. Landscape on the Basis of Educational Function. International Conference on Arts, Design and Contemporary Education (ICADCE 2015). pp. 470–473. DOI: 10.2991/icadce15.2015.110

5. Kobec', O.V., Bredihina, Ju.L. (2021). Projekt rekonstrukcii' plodovogo sadu Hortyc'koi' nacional'noi' akademii' mista Zaporizhzhja [Reconstruction project of the orchard of the Khortytsia National academy of Zaporizhzhia]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrai'ny [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 31, no. 3, pp. 57–62. DOI: 10.36930/40310308

6. Kunpan, L.V., Osipov, M.Ju. (2025). Projektni propozycii' z ozelenennja ta blagoustroju terytorii' Kuz'mynogrebel's'kogo liceju [Project proposals for landscaping and improvement of Kuzminogrebel lyceum territory]. Agrobiologija [Agrobiologiya]. no 1, pp. 276–286. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-276-286

7. Bezrodnova, O.V., Istomin, A.O. (2020). Problema fi toriznomanittja u zakladah doshkil'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

8. Bojko, T.O., Nacuk, O.S. (2020). Osoblyvosti ozelenennja zelenyh zon doshkil'nyh navchal'nyh zakladiv [Peculiarities of landscaping in green areas of preschool educational institutions]. Innovacijni pidhody do formuvannja ta upravlinnja antropogennymy i pryrodnymy ekosystemamy pivdnja Ukrai'ny: materialy naukovo-praktychnoi' Internet-konferencii' vykladachiv, molodyh vchenyh ta zdobuvachiv vyshhoi' osvity [Innovative approaches to the formation and management of anthropogenic and natural ecosystems of southern Ukraine: materials of the scientific and practical Internet conference of teachers, young scientists and higher education students]. Kherson, pp. 47–50.

9. Bajrak, O.M. (2009). Shljahy optymizacii' ozelenennja terytorii' navchal'nyh zakladiv v Ukrai'ni [Ways to optimize landscaping of educational institutions in Ukraine]. Ekologichnyj visnyk [Ecological Bulletin]. no. 4 (56), pp. 23–24.

10. Rybalka, I.O., Bykova, P.P., Vergeles, J.I. (2025). Landshaftno-prostorova struktura terytorii' zagal'noosvitn'ogo navchal'nogo zakladu: propozycii' shhodo optymizacii' [Landscape and spatial structure of a high school ground: suggestions for optimization]. Komunal'ne gospodarstvo mist [Municipal Economy of Cities]. Vol. 3, no. 191, pp. 242–251. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-3-191-242-251

11. Mrđan, S., Ljubojević, M., Orlović, S., Čukanović, J., Dulić, J. (2017). Poisonous and allergenic plant species in preschool's and primary school's yards in the city of Novi Sad. Urban Forestry & Urban Greening. no. 25, pp. 112–119. DOI: 10.1016/j.ufug.2017.05.007

12. Nicole, van den Bogerd, Dieuwke, Hovinga, Jelle, A. Hiemstra, Jolanda, Maas (2023). The Potential of Green Schoolyards for Healthy Child Development: A Conceptual Framework. Forests. no. 14(4), 660 p. DOI: 10.3390/f14040660

13. Robert, D. Brown, Robert, C. Corry (2020). Evidence-Based Landscape Architecture for Human Health and Well-Being. Sustainability. no. 12(4), 1360 p. DOI: 10.3390/su12041360

14. Bojko, T.O, Dement'jeva, O.I. (2019). Osoblyvosti stvorennja proektu rekonstrukcii' ta ozelenennja terytorij zagal'noosvitnih navchal'nyh zakladiv [Creation features of the reconstruction and gardening project of comprehensive educational institutions territories]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk. Ekologija, ihtiologija ta akvakul'tura [Taurian Scientific Bulletin. Ecology, ichthyology and aquaculture]. no. 108, pp. 207–217. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.108.28

15. 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 naukovyh prac' pryrodnycho-geografi chnogo fakul'tetu UDPU im. P. Tychyny [Natural sciences and education: a collection of scientifi c 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

16. Bojko, T.O., Shmigel', A., Migulja, O. (2017). Ekologichni osnovy ozelenennja zagal'noosvitnih zakladiv mista Hersona [Ecological foundations of landscaping of secondary educational institutions in the city of Kherson]. Innovacijni tehnologii' ta intensyfikacija rozvytku nacional'nogo vyrobnyctva: materialy IV mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' Internet-konferencii' [Innovative technologies and intensification of the development of national production: materials of the IV international scientific and practical Internet conference]. Ternopil, pp. 55–57.

17. Semenjuk, S.K., Bojko, T.O., Motuzna, O.Je., Torbina, O.V. (2024). Stvorennja projektu rekonstrukcii' ta ozelenennja zelenoi' zony Hersons'kogo liceju № 57 [Creation of a project for the reconstruction and landscaping of the green area of Kherson Lyceum No. 57]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. no 139, Part 2, pp. 284–293. Available at: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/139_2024/part_2/37.pdf

18. Boiko, T., Torbina, L., Zavgorodnya, G. (2021). Landscaping of General Secondary Education Institutions and its influence on the Formation of Schoolchildren's Artistic Taste. Path of Science: International Electronic Scientific Journal. Vol. 7, no 7, pp. 4001–4007. DOI: 10.22178/pos.72-5.

19. Instruktsiia z tekhnichnoi inventaryzatsii zelenykh nasadzhen u mistakh ta selyshchakh miskoho typu Ukrainy: zatverdzheno Nakazom Derzhavnoho komitetu budivnytstva, arkhitektury 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/z0182-0220.

20. Bovsunovskyi, Ye.O., Riabchevskyi, O.V., Bratkova, K.Yu. (2018). Suchasni metody vymiriuvannia parametriv zelenykh nasadzhen [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

21. Panas, R.M. (2021). G'runtoznavstvo: pidruchnyk [Edaphology]. Lviv, New World, 372 p.

22. The World Flora Online. Available at: https://wfoplantlist.org/.

23. Pravyla utrymannja zelenyh nasadzhen' u naselenyh punktah Ukrai'ny [Rules for green spaces maintaining in settlements of Ukraine]. Kyiv, 2006. Available at: URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0301-94.

Project proposals for landscaping and improving the Kozak lyceum territory of Zaporizhzhia

Kobets O., Melnikova I.

Green spaces on the grounds of educational institutions serve sanitary, hygienic, aesthetic, recreational, and educational purposes. Most of the green spaces at schools and lyceums in Zaporizhzhia are relatively old and require restoration and reconstruction.

Such work is currently being carried out at the Zaporizhzhia Cossack Lyceum, located at 2 Shchaslyva Street. Most of the lyceum's territory has already been reconstructed; however, the area behind the main educational building remains undeveloped, which necessitated the development of project proposals to improve its decorative condition.

Based on preliminary surveys and an analysis of soil and climatic conditions, a landscaping and improvement project for the area adjacent to the educational building of the Cossack Lyceum has been developed for the first time. The overall design solution follows a mixed style, allowing for the combination of landscape group plantings with linear and rhythmic arrangements.

The plant assortment was selected from native and well-adapted introduced species to ensure long-term decorative appeal, diversity, and low maintenance requirements. The planned pathway conditionally divides the design area into two parts: a rectangular section in front of the building and a triangular section along the fence.

The central part of the plot in front of the building will be occupied by an open lawn, providing an attractive view from the building windows. It will serve as a setting for picturesque landscape groups of coniferous and deciduous shrubs. Three hedges of varying heights will create a smooth transition between these groups.

The focal point of the plant composition in the triangular section will be a group of three Glauca spruce trees. Along the longest side, it is proposed to plant a row of European weeping larch trees, with upright marigolds planted in the tree pits. The establishment of these plantings will enable students of the lyceum to care for individual compositional elements of the landscape.

The level of site improvement will be enhanced by a paved pathway, facilitating more comfortable movement through the area. The implementation of this project will complete the long-term process of restoring and forming new green spaces on the territory of the educational institution. The estimated cost of implementing the project proposals is UAH 150,260.00.

Key words: landscaping of educational institutions, planting reconstruction, landscaping, master plan, mixed style, ornamental shrubs.

Copyright: Кобець О.В., Мельнікова І.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:
Кобець О.В. https://orcid.org/0000-0003-4520-507X
Мельнікова І.О. https://orcid.org/0009-0006-9242-4872

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*26:582:736.3:581.522.4

Морфометричні особливості підросту софори японської в умовах промислового забруднення (*Sophora japonica* L.)

Курка С.С.[1], **Іщук Г.П.**[1], **Іщук Л.П.**[2], **Коваль С.А.**[1], **Вітенко В.А.**[1]

[1] *Уманський національний університет*

[2] *Національний дендропарк «Софіївка» НАН України*

svetlana9075@ukr.net

Курка С.С., Іщук Г.П., Іщук Л.П., Коваль С.А., Вітенко В.А. Морфометричні особливості підросту софори японської в умовах промислового забруднення (*Sophora japonica* L.). «Агробіологія», 2026. № 1. С. 237–249.

Kurka S., Ischuk H., Ischuk L., Koval S., Vitenko V. Morphometric features of *Sophora japonica* L. growth under industrial pollution conditions. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 237–249.

Рукопис отримано: 09.03.2026 р.
Прийнято: 24.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-237-249

ISSN 2310-9270

У сучасних умовах інтенсивної урбанізації, стрімкого розвитку транспорту та промисловості спостерігається постійне зростання рівня забруднення навколишнього середовища, що створює несприятливі умови для життєдіяльності людини. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема збереження природних та штучних біоценозів, оскільки збільшення обсягів промислових і транспортних викидів токсичних речовин в атмосферу призводить до деградації екосистем [1, 2].

Дослідження впливу промислових викидів на морфометричні показники підросту софори японської (*Sophora japonica* L.) має важливе значення для сучасної екологічної науки, адже промислове забруднення, особливо у міських та промислових зонах, негативно позначається на стані рослинного покриву. Софора японська – поширена декоративна порода, широко використовувана для озеленення міських територій завдяки високій стійкості до несприятливих умов середовища. Проте в умовах забруднення повітря, води та ґрунтів промисловими емісіями її розвиток може істотно змінюватися [3, 4].

Викиди промислових підприємств, зокрема сполуки важких металів, оксиди азоту та сірки, спричиняють токсичний вплив на рослини, що проявляється у пригніченні ростових процесів, зниженні інтенсивності фотосинтезу та ослабленні загальної життєздатності. Під час дослідження здійснено порівняльний аналіз морфометричних показників підросту софори японської, який зростає в умовах різного рівня забруднення, з метою встановлення основних тенденцій впливу промислових чинників [5–7].

Вивчено дію промислових емісій діоксиду сірки (SO_2) та діоксиду азоту (NO_2) на біометричні параметри однорічних пагонів софори японської в умовах Одеської області. Встановлено, що під дією токсичних газів відбуваються помітні зміни в інтенсивності росту осьових органів і розвитку асиміляційного апарату.

Аналіз отриманих результатів дозволяє з'ясувати особливості впливу промислових забруднювачів на ріст, розвиток і адаптаційні можливості софори японської. Проведене дослідження має практичне значення для оцінки екологічного стану міських територій і формування заходів зі збереження зелених насаджень у зонах техногенного навантаження. Крім того, виявлені морфометричні зміни у софори можуть бути використані як індикаторні показники рівня забруднення довкілля та сприяти вдосконаленню екологічних стандартів для промислових регіонів.

Ключові слова: підріст, біометричні показники, промислові викиди, токсичні гази SO_2 та NO_2, площа листкової поверхні.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вплив промислових викидів на довкілля залишається однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Як зазначають В.П. Бессонова та О.Є. Іванченко [8], а також О.Г. Луцишин та ін. [9], одним із ключових проявів техногенного навантаження є зміна морфофізіологічних характеристик рослин, особливо на ранніх етапах їх розвитку. Молоді рослини, зокрема самосів і підріст, є найбільш чутливими до змін середовища та можуть слугувати надійними індикаторами його стану.

Згідно з дослідженнями A. Stratu, N. Costica та M. Costica [2], навіть у міських екосистемах із помірним рівнем забруднення відбуваються суттєві зміни у функціонуванні рослинних угруповань, що проявляється у прискоренні онтогенезу, скороченні тривалості життєвого циклу та зниженні біорізноманіття.

Формування урбанізованого середовища супроводжується комплексною дією стресових чинників. За даними R. Popek та ін. [10], накопичення твердих часток у листках призводить до порушення роботи фотосинтетичного апарату. Аналогічно, В.П. Бессонова, А.С. Чонгова та А.В. Скляренко [11] встановили зниження вмісту фотосинтетичних пігментів у листках деревних рослин під впливом багатокомпонентного забруднення. Крім того, О.Є. Іванченко та В.П. Бессонова [12] показали, що в умовах урбанізованого середовища відбувається погіршення морфофізіологічного стану деревних рослин.

У цьому контексті важливим є дослідження впливу техногенного навантаження на процеси природного відновлення деревних рослин. Як зазначає В.М. Гришко [14], промислові полютанти не лише пригнічують ріст і розвиток рослин, а також порушують процеси самовідновлення фітоценозів, знижуючи кількість і якість самосіву та підросту.

Аналіз морфометричних показників є ефективним інструментом оцінки адаптаційних реакцій рослин. За даними О.Г. Луцишина та ін. [13], зміни біометричних параметрів дозволяють виявити ступінь пристосування рослин до умов техногенного середовища. Водночас більшість досліджень присвячена генеративним особинам деревних рослин. Зокрема, роботи Н.І. Глібовицької [15], А.В. Скляренка [16] та В.П. Бессонової і А.С. Чонгової [17] зосереджені переважно на аналізі стану листкового апарату дорослих рослин.

Водночас, дослідження реакції самосіву та підросту на дію промислових полютантів залишаються обмеженими. Як показано у роботах Ю.М. Петрушкевич [18] та T. Usipiva [21], морфометричні показники молодих рослин істотно змінюються під впливом промислового забруднення, однак такі дослідження мають фрагментарне висвітлення і потребують подальшого розвитку.

Окрему увагу слід приділити виду *Sophora japonica* L., який широко використовують в озелененні міст. За даними С.С. Курки [3], С.С. Курки та ін. [4], цей вид характеризується високою адаптивністю до умов міського середовища. Водночас, як показали дослідження I. Gostin [6] та A. Sen et al. [7], навіть стійкі деревні види зазнають морфологічних змін під впливом атмосферного забруднення.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, питання впливу забруднення, зокрема діоксиду сірки (SO_2) та діоксиду азоту (NO_2), на морфометричні показники самосіву та підросту *Sophora japonica* L. у природних умовах залишається недостатньо вивченим.

Отже, актуальність цього дослідження обумовлена необхідністю комплексного аналізу морфометричних особливостей самосіву та підросту *Sophora japonica* L. в умовах впливу промислових викидів, що дозволить оцінити адаптаційні можливості виду та використовувати отримані результати для екологічного моніторингу урбанізованих територій.

Метою дослідження є встановлення закономірностей впливу промислових викидів, зокрема діоксиду сірки (SO_2) та діоксиду азоту (NO_2), на морфометричні показники самосіву та підросту *Sophora japonica* L. в умовах урбанізованого середовища, а також оцінка адаптаційних реакцій виду до хронічного техногенного навантаження.

Матеріал та методи досліджень. Об'єктом дослідження є інтродукований вид – софора японська (*Sophora japonica* L., родина *Fabaceae* Lindl.). Цей вид належить до важливих деревних порід, що широко використовують в озелененні міських територій та виконує роль едифікатора штучних деревних фітоценозів у південному регіоні України, зокрема в Одеській області.

Для дослідження було обрано дві категорії молодих рослин: самосів (рослини віком до одного року) та підріст – молоде покоління деревних рослин, яке формується в природних умовах під пологом насаджень або на відкритих ділянках, походить із насіння або вегетативним способом і згодом здатне формувати деревостан, замінюючи материнські особини.

Польові дослідження проводили у липні 2023 р. на ділянках із різним рівнем аерогенного забруднення. Було закладено три моніторингові точки:

моніторингова точка I (зона сильного забруднення) – розташована на відстані 2 км від Одеського нафтопереробного заводу;

моніторингова точка II (зона середнього забруднення) – на відстані 3 км від підприємства;

контрольна ділянка (умовно чиста зона) – розташована в Олександрівському парку, де рівень забруднення не перевищував нормативних значень.

Концентрації газоподібних полютантів (діоксиду сірки SO_2 та діоксиду азоту NO_2) визначали на основі даних регіонального моніторингу якості атмосферного повітря та узагальнених матеріалів екологічного контролю. Оцінку рівня забруднення здійснювали методом порівняння отриманих значень із гранично допустимими концентраціями (ГДК) для атмосферного повітря населених місць. Для SO_2 середньодобова ГДК становить 0,05 мг/м³, разова – 0,5 мг/м³; для NO_2 – 0,04 та 0,2 мг/м³ відповідно. Встановлено, що у моніторинговій точці I концентрації становили: SO_2 – 0,14 мг/м³, NO_2 – 0,11 мг/м³, тимчасом у точці II – SO_2 – 0,28 мг/м³, NO_2 – 0,23 мг/м³, що перевищує фонові значення та свідчить про підвищене техногенне навантаження.

На кожній дослідній ділянці відбирали від 30 до 50 особин самосіву та підросту. Для аналізу використовували однорічні пагони. Визначення морфометричних показників здійснювали за загальноприйнятими біометричними методиками (довжина пагонів, кількість листків, площа листкової поверхні та ін.).

Визначення морфометричних показників самосіву та підросту *Sophora japonica* L. здійснювали за загальноприйнятими дендробіометричними методиками, викладеними у роботах І.О. Зайцевої та Л.Г. Долгової [19], Є.О. Казакова [20]. Вимірювання включали визначення довжини однорічних пагонів, кількості листків, а також розрахунок площі листкової поверхні.

Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням програмного пакета STATGRAPHICS. Для оцінки достовірності різниць між вибірками застосовували t-критерій Ст'юдента. Результати вважали статистично достовірними за рівня значущості $p < 0,05$ [19, 20].

Проведені дослідження показали чітку залежність морфометричних показників самосіву та підросту *Sophora japonica* L. від рівня аерогенного забруднення. Встановлено, що зі збільшенням концентрації газоподібних полютантів (SO_2 та NO_2) спостерігається поступове пригнічення ростових процесів та зниження біометричних параметрів рослин.

У контрольній зоні (Олександрівський парк), де концентрації забруднювачів не перевищували гранично допустимих значень ($SO_2 \leq 0,05$ мг/м³; $NO_2 \leq 0,04$ мг/м³), рослини характеризувалися найвищими показниками росту. Самосів і підріст мали інтенсивний розвиток пагонів, добре сформовану листкову поверхню та відносно стабільні морфометричні параметри, що свідчить про сприятливі умови середовища.

У зоні середнього забруднення (моніторингова точка II; SO_2 – 0,14 мг/м³; NO_2 – 0,11 мг/м³) спостерігалося статистично помітне зниження ростових показників. У порівнянні з контролем відмічали зменшення довжини однорічних пагонів, кількості листків та площі листкової поверхні. Це свідчить про початкові прояви стресової реакції рослин на дію токсичних газів, зокрема оксидів сірки та азоту, які негативно впливають на фотосинтетичну активність і водний баланс.

У зоні сильного забруднення (моніторингова точка I; SO_2 – 0,28 мг/м³; NO_2 – 0,23 мг/м³) відмічено найбільш виражене пригнічення росту. Морфометричні показники самосіву та підросту знижувалися у порівнянні з контролем, що проявлялося у значному скороченні довжини пагонів, зменшенні кількості листків та істотному зниженні площі листкової поверхні. Такі зміни свідчать про кумулятивний токсичний вплив забруднювачів, що призводить до порушення процесів росту та розвитку.

Отримані результати узгоджуються з даними Popek et al. [10], які встановили негативний вплив атмосферних часток і газоподібних полютантів на фотосинтетичний апарат деревних рослин, а також з дослідженнями Bessonova et al. [11], де показано зниження вмісту фотосинтетичних пігментів під дією комплексного забруднення. Подібні закономірності відзначені і в роботах Гришка [14], який підкреслює пригнічення росту деревних рослин у техногенно навантажених умовах.

Важливо, що навіть відносно стійкий вид *Sophora japonica* L., який широко використовують в міському озелененні, демонструє чітку морфометричну реакцію на підвищення рівня забруднення. Це підтверджує його потенціал як індикаторного виду для оцінки стану урбоекосистем. Аналогічні висновки щодо чутливості деревних рослин до SO_2 та NO_2 наведені у роботах Sen et al. [7],

де зазначено, що навіть толерантні види реагують зниженням ростових показників за умов хронічного забруднення.

Отже, встановлено чітку градієнтну залежність між рівнем аерогенного забруднення та морфометричними характеристиками *Sophora japonica* L.: зі збільшенням концентрацій SO_2 та NO_2 відбувається послідовне зниження ростових параметрів як самосіву, так і підросту. Це підтверджує доцільність використання цього виду як біоіндикатора стану міських екосистем в умовах техногенного навантаження.

Результати досліджень та їх обговорення. Промислові та транспортні емісії формують багатокомпонентне антропогенне навантаження на урбоекосистеми, включаючи оксиди сірки (SO_2), азоту (NO_2), карбону (CO), тверді частинки (PM), важкі метали (Pb, Cd, Zn, Cu) та леткі органічні сполуки. Синергетична дія цих полютантів зумовлює розвиток комплексного стресу у рослин, що проявляється на клітинному, тканинному та організмовому рівнях. За даними T. Usipiva та L. Pelekhova [21, 22], ключовими об'єктами токсичного впливу є фотосинтетичний апарат, мембранні структури та ферментні системи, що зумовлює порушення метаболічної рівноваги й зниження адаптаційного потенціалу рослин.

На морфофункціональному рівні реакція деревних рослин на забруднення атмосфери характеризується вираженою редукцією ростових процесів та трансформацією асиміляційного апарату. Як показано у роботах R. Popek, I. Gostin та A. Sen [6, 7, 10], депонування твердих частинок на поверхні листків у поєднанні з газоподібними полютантами спричиняє обструкцію продихів, порушення газообміну та інгібування фотосинтетичної активності. Внаслідок цього спостерігається зменшення площі листкової пластинки, пригнічення росту пагонів, зниження біомаси та ефективності первинної продукції. Довготривалий вплив призводить до передчасного старіння асиміляційних органів і дестабілізації фітоценотичної структури насаджень.

Особливої уваги заслуговує онтогенетичний аспект чутливості рослин до техногенного забруднення. Згідно з результатами J.A. Salmond [5], ранні стадії розвитку (самосів, підріст) характеризуються підвищеною вразливістю через високу інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів і недостатню сформованість систем антиоксидантного захисту. Це визначає їх високу індикативну цінність за оцінювання якості атмосферного повітря в урбанізованих екосистемах.

Серед інтродукованих деревних видів, що використовують в озелененні міст, *Sophora japonica* L. вирізняється значною екологічною пластичністю. За даними С.С. Курка, вид демонструє високу толерантність до посушливих умов, ущільнення ґрунту та підвищених температур, що обумовлює його широке застосування у промислово трансформованих ландшафтах. Водночас, навіть за наявності адаптивних механізмів, тривалий вплив полютантів зумовлює латентні та явні порушення функціонального стану рослин.

Зокрема, у дослідженнях В.П. Бессонова, О.Є. Іванченко та О.Г. Луцишин [11–13] встановлено, що хронічне забруднення атмосфери супроводжується зниженням вмісту хлорофілів a і b, дисбалансом у пігментному комплексі та інгібуванням фотохімічних реакцій фотосинтезу. Паралельно відбувається порушення водного режиму, зумовлене змінами проникності клітинних мембран і регуляції транспірації, що призводить до зниження тургорного тиску та водоутримувальної здатності тканин. Морфологічними маркерами цих процесів є редукція листкової поверхні, деформації листків, поява хлоротичних і некротичних уражень.

Акумуляційна здатність деревних рослин щодо важких металів розглядається як один із ключових механізмів адаптації до умов техногенного навантаження. Як зазначають В.П. Бессонова та A. Sen [7, 11], накопичення Pb, Zn, Cu, Cd у вегетативних органах є результатом як пасивного надходження, так і активних фізіолого-біохімічних процесів детоксикації. Це обумовлює можливість використання *Sophora japonica* L. як ефективного біоіндикатора та біомонітора стану атмосферного повітря.

Аналіз структури транспортних викидів свідчить про домінування оксидів карбону (до 72 %), істотну частку оксидів нітрогену (близько 12 %) та неметанових летких органічних сполук (10 %), а також наявність твердих частинок, оксидів сірки і сполук свинцю. За узагальненими даними J.A. Salmond та C.Y. Jim [1, 5], саме комбінована дія цих компонентів визначає рівень токсичного навантаження на рослинний покрив міських територій і формує специфічні адаптаційні відповіді рослин.

Серед токсичних компонентів, які викидає автотранспорт, 72 % становлять оксиди карбону, 10 % – неметанові леткі органічні сполуки, 12 % – оксиди нітрогену, 1,5 % – сажа, 1,3 % – оксид сульфуру, сполуки свинцю (табл. 1).

Таблиця 1 – **Склад вихлопних газів бензинових і дизельних двигунів внутрішнього згоряння**

Назва речовини	Вид двигуна	
	бензинові	дизельні
Азот N_2, об.%	74–77	76–78
Кисень O_2, об.%	0,3–8,0	2,0–18,0
Вода H_2O (пара), об.%	3,0–5,5	0,5–4,0
Вуглекислий газ CO_2, об.%	0,0–16,0	1,0–10,0
Чадний газ CO, об.%	0,1–5,0	0,01–0,5
Оксиди нітрогену NO_x, об.%	0,0–0,8	0,0002–0,5
Вуглеводні C_mH_n, об.%	0,2–3,0	0,09–0,5
Альдегіди RCHO, %	0,0–0,2	0,001–0,009
Сажа, г/м^3	0,0–0,04	0,01–1,10
Бенз(а)пірен, г/м^3	$10–20\times10^{-6}$	10×10^{-6}
Двооксид сірки, мг/м^3	0,003	0,015
Сполуки свинцю, мг/м^3	60	-

Склад вихлопних газів двигунів внутрішнього згоряння наведено за узагальненими літературними даними C.Y. Jim; J.A. Salmond; R. Popek [1, 5, 10].

Вивчення морфометричних характеристик молодих особин софори японської (довжина пагонів, площа листкової пластинки, кількість листочків, діаметр стебла тощо) в умовах забруднення SO_2 та NO_2 дає змогу об'єктивно оцінити ступінь негативного впливу промислових викидів та визначити адаптаційний потенціал виду.

Варто зазначити, що близько 40 % усіх шкідливих речовин, які надходять в атмосферу, утворюються внаслідок згоряння автомобільного палива.

За оцінками, автотранспорт вносить значний відсоток у загальне забруднення атмосферного повітря в Україні (рис. 1): його частка становить приблизно 48 % за оксидами карбону, 30 % за вуглеводнями та 22 % за оксидами нітрогену.

Зокрема, у більшості міст країни викиди від автотранспорту становлять 60–90 % від загального обсягу всіх антропогенних забруднень атмосфери.

Полютанти, що надходять у повітря з вихлопними газами автотранспорту, чинять виражену токсикологічну дію на живі організми. Серед численних компонентів особливу небезпеку становить зростання рівня забруднення важкими металами, насамперед сполуками свинцю. Відомо, що свинець має нейротоксичний ефект, який особливо небезпечний для дітей, а за підвищених концентрацій може спричинювати хромосомні аберації в людини. У науковій літературі наводяться також численні дані про негативний вплив свинцю за його накопичення у навколишньому середовищі.

Постійний вплив оксидів сірки (IV) та нітрогену (IV) на самосів *Sophora japonica* призводить до пригнічення ростових процесів (табл. 2).

Отримані результати демонструють чітку залежність морфометричних параметрів сходів *Sophora japonica* від градієнта атмосферного забруднення, зумовленого транспортними та промисловими викидами. Формування трьох експозиційних умов (умовно чиста зона, зона впливу автотранспорту та зона інтенсивного техногенного навантаження) дозволило встановити дозовідповідний прояв змін ростових параметрів рослин у межах урбоекологічного градієнта.

Спостережуване зниження довжини кореневої системи у моніторингових точках (14,77±0,33 см та 15,35±0,25 см проти 16,53±0,40 см у контролі) свідчить про інгібування ризогенезу та пригнічення клітинної проліферації в апікальних меристемах. Подібні ефекти можуть бути пов'язані з токсичною дією оксидів азоту (NO_x) та діоксиду сірки (SO_2), які, проникаючи через продихи та кореневу систему, індукують оксидативний стрес і порушують гормональну регуляцію росту, зокрема ауксинзалежні процеси коренеутворення.

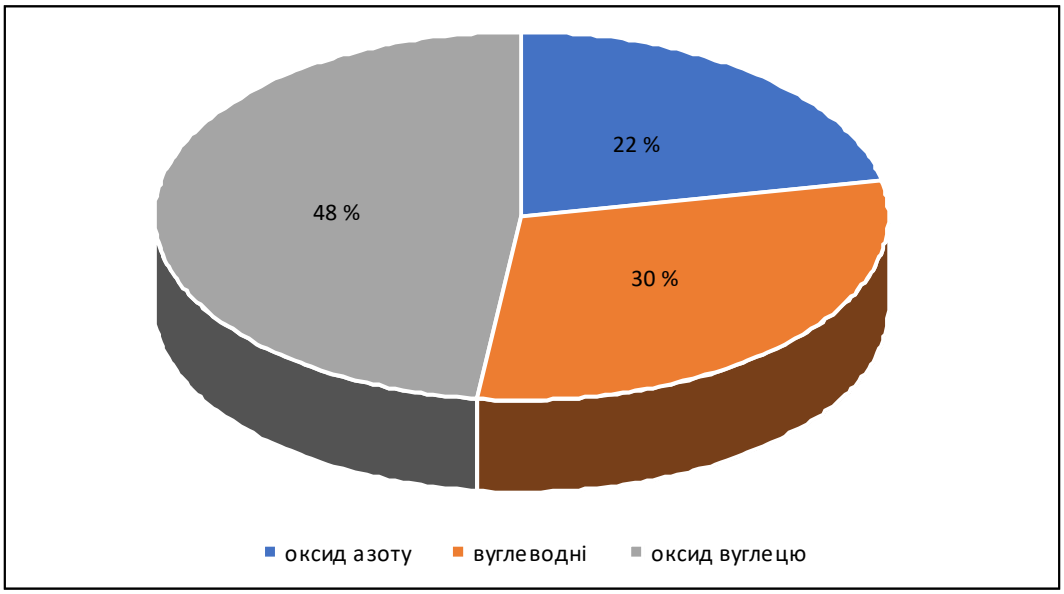


Рис. 1. **Частка полютантів у вихлопних газах автомобільного транспорту**.

Таблиця 2 – **Вплив компонентів вихлопних газів (SO_2, NO_2 та супутніх полютантів) на біометричні параметри сходів *Sophora japonica***

Показник	Контроль	Моніторингова точка I	Моніторингова точка II
Характеристика повітряного середовища	умовно чиста зона	зона впливу автотранспорту	зона інтенсивного техногенного навантаження
CO_2 (об.%)	фоновий рівень	підвищений	високий
CO (об.%)	відсутній/ мінімальний	0,1–5,0	0,1–5,0
NOx (об.%)	фоновий	до 0,8	до 0,8
SO_2 (мг/м³)	фоновий	0,003	0,015
Вуглеводні (об.%)	мінімальні	0,2–3,0	0,2–3,0
Сажа (г/м³)	відсутня	до 0,04	до 1,10
Біометричні показники рослин			
Довжина кореня, см	16,53±0,40	14,77±0,33	15,35±0,25
Діаметр кореня, мм	6,15±0,252	6,17±0,060*	7,85±0,051
Висота надземної частини, см	16,75±0,53	13,40±0,67	15,02±0,88*

Примітка: * $p < 0,05$.

Діаметр кореня демонструє неоднозначну реакцію: у зоні помірного забруднення спостерігається незначне зростання показника (6,17±0,060 мм), тимчасом у зоні високого техногенного навантаження відбувається його різке збільшення (7,85±0,051 мм). Така динаміка може розглядатися як прояв компенсаторної морфологічної адаптації, спрямованої на посилення механічної стійкості та збільшення площі поглинання за умов стресового середовища. Подібні реакції описані як типова стратегія виживання деревних видів в умовах урбанізованих екосистем.

Найбільш виражені зміни виявлено у надземній частині рослин. Зменшення висоти пагона у моніторингових точках (13,40±0,67 см та 15,02±0,88 см порівняно з 16,75±0,53 см у контролі) свідчить про пригнічення апікального росту та зниження інтенсивності клітинного розтягнення. Це, ймовірно, обумовлено

комплексною дією газоподібних полютантів (SO_2, NO_x, CO), які негативно впливають на фотосинтетичну активність, порушують енергетичний баланс рослини та знижують доступність асимілятів для ростових процесів.

Варто зазначити, що у зоні інтенсивного техногенного навантаження спостерігається часткова компенсація ростових процесів у кореневій системі за одночасного пригнічення надземної частини. Така асиметрія розподілу ростових ресурсів може свідчити про перерозподіл пластичних речовин у бік підземних органів як адаптивну реакцію на стресові умови середовища.

Характеристика повітряного середовища підтверджує наявність комплексного полютантного навантаження, включаючи підвищені концентрації CO_2, CO, NO_x, вуглеводнів та завислих частинок (сажі). Особливо важливим є зростання концентрації сажі (до 1,10 г/м³), яка може діяти як носій адсорбованих токсичних сполук і додатково посилювати фітотоксичний ефект. Сукупна дія цих факторів формує мультистресовий вплив, що має синергетичний прояв і не зводиться до дії окремих компонентів.

Отримані результати узгоджуються з концепцією дозовідповідної залежності між рівнем атмосферного забруднення та морфофізіологічним станом рослин. *Sophora japonica* демонструє чутливу реакцію на зміну екологічних умов, що проявляється у модифікації як кореневих, так і пагонових структур, це дозволяє розглядати цей вид як перспективний біоіндикатор стану урбоекосистем.

Отримані результати в таблиці 3 демонструють виражену залежність біометричних параметрів однорічних пагонів *Sophora japonica* від градієнта атмосферного забруднення, інтегрованого у вигляді індексу APF (Air Pollution Factor). Зростання APF від 0 у контрольних умовах до 1,0 у найбільш навантаженій моніторинговій точці супроводжується суттєвими морфофізіологічними змінами, що свідчить про кумулятивний ефект дії газоподібних (NO_2, SO_2), твердих (PM, сажа) та органічних (вуглеводні, бензапірен) полютантів.

Зменшення річного приросту пагона (з 20,57±1,58 см у контролі до 9,50±1,25 см у точці II) є індикатором пригнічення меристематичної активності та зниження інтенсивності клітинного поділу під впливом техногенного навантаження. Подібні закономірності узгоджуються з даними про інгібування ростових процесів деревних рослин за умов хронічного впливу оксидів азоту та сірки, що порушують фотосинтетичний і дихальний метаболізм та призводять до енергетичного дефіциту [10, 11, 13].

Таблиця 3 – **Комплексний вплив компонентів вихлопних газів (SO_2, NO_2 та супутніх полютантів) на біометричні параметри однорічного пагона підросту *Sophora japonica***

Показник	Контроль (фонова зона)	Моніторингова точка I	Моніторингова точка II
Характеристика атмосферного забруднення			
CO_2 (об.%)	фоновий рівень	до 16,0	до 10,0
CO (об.%)	0,1–5,0	0,1–5,0	0,01–0,5
NO_x (об.%)	до 0,8	до 0,8	до 0,5
SO_2 (мг/м³)	0,003	0,003	0,015
Вуглеводні (CmHn, об.%)	0,2–3,0	0,2–3,0	0,09–0,5
Сажа (г/м³)	0,0–0,04	0,04	1,10
Бенз(а)пірен (г/м³)	$10–20\times10^{-6}$	20×10^{-6}	10×10^{-6}
Сполуки свинцю (мг/м³)	60	60	–
Біометричні параметри пагона			
Річний приріст пагона, см	20,57 ± 1,58	10,36 ± 1,40	9,50 ± 1,25
Довжина міжвузля, см	2,65 ± 0,10	1,87 ± 0,32	1,95 ± 0,17
Кількість листків, шт.	37,50 ± 1,71	63,25 ± 1,50	57,0 ± 9,07
Довжина черешка, см	22,27 ± 0,66	18,53 ± 2,46	16,50 ± 2,97

Примітка: * $p < 0,05$.

Скорочення довжини міжвузля у забруднених умовах додатково підтверджує пригнічення апікального росту та порушення гормональної регуляції (зокрема ауксинзалежних процесів розтягнення клітин). Це може бути пов'язано з оксидативним стресом, індукованим накопиченням SO_2 та NO_2, які ініціюють утворення активних форм кисню та пошкодження клітинних структур.

Водночас спостерігається нетипова реакція у вигляді збільшення кількості листків на модельній гілці у моніторинговій точці I (63,25±1,50 проти 37,50±1,71 у контролі) з подальшим зниженням у точці II. Такий прояв змін може свідчити про компенсаторний морфогенез на ранніх етапах стресового впливу, коли рослина збільшує асиміляційну поверхню через формування більшої кількості, але менш функціонально ефективних листків. Подібні адаптивні реакції описані для деревних видів в умовах помірного техногенного навантаження та розглядаються як прояв фенотипової пластичності.

Зниження довжини черешка листка в умовах зростання APF (з 22,27±0,66 см до 16,50±2,97 см) може бути наслідком порушення водного режиму та зниження тургорного тиску клітин, що характерно для дії газоподібних полютантів. Це узгоджується з даними про структурні зміни листкового апарату деревних рослин за умов урбоекологічного стресу.

Інтегральний індекс APF демонструє високу інформативність як узагальнений показник техногенного навантаження, оскільки його зростання корелює з погіршенням усіх досліджених біометричних параметрів. Отже, встановлено чітку дозовідповідну залежність між рівнем атмосферного забруднення та ростовими характеристиками *Sophora japonica*, що підтверджує доцільність використання цього виду як біоіндикатора стану урбоекосистем.

Отримані результати також узгоджуються з уявленнями про синергетичну дію полютантів транспортного походження, коли комбінований вплив NO_2, SO_2, твердих частинок та органічних сполук посилює загальний фітотоксичний ефект порівняно з дією окремих компонентів. Це підкреслює важливість використання інтегральних індексів забруднення для оцінювання екологічного стану міських територій.

Отримані результати (табл. 4) свідчать про істотний вплив атмосферного забруднення, зумовленого SO_2 та NO_2, на морфометричні показники асиміляційного апарату самосіву *Sophora japonica*. Загальна тенденція змін характеризується зменшенням асиміляційної поверхні та модифікацією структурної організації листкового апарату у напрямку адаптації до умов техногенного навантаження.

Найбільш виражене зниження встановлено для площі листкової пластинки, яка зменшилася з 13,66±0,35 см² у контрольних умовах до 5,47±0,45 см² у зоні інтенсивного забруднення та 7,60±0,40 см² у проміжній точці. Подібна редукція площі листка є типовою реакцією деревних видів на дію газоподібних полютантів і може бути пов'язана з ушкодженням мезофілу, зниженням інтенсивності клітинного розтягнення та порушенням формування фотосинтетичних тканин. Такий ефект безпосередньо впливає на зменшення фотосинтетичної продуктивності та загального енергетичного балансу рослин.

Площа окремого листочка складного листка також демонструє значне зниження (з 2,53±0,13 см² до 1,17±0,12 см² у зоні високого забруднення), що свідчить про мікроморфологічну редукцію асиміляційних структур. Такі зміни є характерними для умов оксидативного стресу, спричиненого дією SO_2 та NO_2, які ініціюють утворення активних форм кисню та пошкодження клітинних мембран.

Таблиця 4 – **Вплив SO_2 та NO_2 на біометричні показники асиміляційного апарату самосіву *Sophora japonica***

Показник	Контроль	Моніторингова точка I	Моніторингова точка II
Площа листочка, см²	2,53±0,13	1,17±0,12	1,30±0,07
Кількість листочків у складному листку, шт.	5,37±0,23	4,63±0,10	5,80±0,16*
Площа листка, см²	13,66±0,35	5,47±0,45	7,60±0,40
Кількість листків, шт.	6,57±0,20	7,95±0,17	7,82±0,23
Площа листкової поверхні, см²	89,94±1,41	43,61±0,92	59,57±0,88

Примітка: * $p < 0,05$.

Водночас кількість листочків у складному листку демонструє неоднозначну реакцію: у зоні помірного навантаження спостерігається зростання показника (5,80±0,16 проти 5,37±0,23 у контролі), тимчасом у зоні високого забруднення відбувається його зниження (4,63±0,10). Така динаміка може розглядатися як прояв компенсаторної морфологічної відповіді, коли рослина на ранніх стадіях стресу збільшує фрагментацію листка з метою часткового збереження асиміляційної функції, однак за посилення токсичного навантаження цей механізм втрачає ефективність.

Кількість листків на пагоні, навпаки, зростає у забруднених умовах (7,95±0,17 та 7,82±0,23 проти 6,57±0,20 у контролі), що може свідчити про перерозподіл ростових ресурсів та формування дрібніших, але численніших асиміляційних органів. Така стратегія характерна для рослин, що перебувають у стані хронічного стресу, і розглядається як адаптивний механізм підтримання фотосинтетичної активності за умов зменшення площі окремих листків.

Найбільш інтегральним показником стану асиміляційного апарату є загальна площа листкової поверхні, яка зменшується більш ніж удвічі у зоні високого техногенного навантаження (з 89,94±1,41 до 43,61±0,92 см²). Це свідчить про суттєве пригнічення фотосинтетичного потенціалу рослин та є прямим наслідком синергетичної дії SO_2 та NO_2, які порушують структуру хлоропластів, знижують вміст хлорофілу та інгібують процеси фотосинтезу.

Отримані результати узгоджуються з концепцією дозовідповідної реакції рослин на атмосферне забруднення, згідно з якою збільшення концентрації газоподібних полютантів призводить до прогресуючої редукції асиміляційної поверхні та зміни архітектури листкового апарату. *Sophora japonica* демонструє високу чутливість до дії SO_2 та NO_2, що дозволяє розглядати цей вид як ефективний біоіндикатор стану урбоекосистем.

Отримані результати (табл. 5) демонструють виражений вплив компонентів вихлопних газів бензинових і дизельних двигунів (зокрема NO_x, SO_2, CO, твердих частинок та поліциклічних ароматичних вуглеводнів) на морфометричні показники асиміляційного апарату однорічного пагона підросту *Sophora japonica*. Формування двох моніторингових точок із різним рівнем техногенного навантаження дозволило встановити дозовідповідний прояв змін у межах урбоекологічного градієнта.

Таблиця 5 – **Комплексний вплив компонентів вихлопних газів бензинових і дизельних двигунів (NO_x, SO_2 та супутніх полютантів) на біометричні показники асиміляційного апарату однорічного пагона підросту *Sophora japonica***

Показник	Контроль	Моніторингова точка I	Моніторингова точка II
Характеристика атмосферного забруднення (склад вихлопних газів)			
CO_2 (об.%)	0,0–16,0	1,0–10,0	0,0–16,0
CO (об.%)	0,1–5,0	0,01–0,5	0,1–5,0
NO_x (об.%)	0,0–0,8	0,0002–0,5	0,0–0,8
SO_2 (мг/м³)	0,003	0,015	0,003
Вуглеводні (CmHn, об.%)	0,2–3,0	0,09–0,5	0,2–3,0
Сажа (г/м³)	0,0–0,04	0,01–1,10	0,0–0,04
Бенз(а)пірен (г/м³)	$10–20\times10^{-6}$	10×10^{-6}	$10–20\times10^{-6}$
Сполуки свинцю (мг/м³)	60	–	60
Біометричні показники асиміляційного апарату			
Площа листочка, см²	6,71 ± 0,25	6,06 ± 0,22	6,12 ± 0,26
Кількість листочків у складному листку, шт.	18,11 ± 3,82	16,28 ± 2,25	15,51 ± 2,67
Площа листка, см²	117,01 ± 10,01	89,76 ± 9,11	92,21 ± 6,47
Площа листкової поверхні, см²	4388,66 ± 26,62	5678,84 ± 64,01	5264,61 ± 31,11

Примітка: * $p < 0,05$.

Аналіз хімічного складу вихлопних газів показує, що найбільш екологічно значущими полютантами є оксиди нітрогену (NO_x до 0,8 об.%), діоксид сірки (SO_2 до 0,015 мг/м³ у дизельних двигунах), а також тверді частинки (сажа до 1,10 г/м³), які характеризуються високою здатністю до адсорбції токсичних органічних сполук. Сукупна дія цих компонентів формує мультифакторний стрес, який визначає фізіологічний стан рослин.

Встановлено, що площа окремого листочка зменшується у моніторингових точках (6,06±0,22 см² та 6,12±0,26 см²) порівняно з контролем (6,71±0,25 см²). Таке зниження свідчить про пригнічення клітинного розтягнення та порушення формування мезофілу під впливом газоподібних полютантів, що узгоджується з даними про оксидативний стрес та деградацію фотосинтетичних структур.

Кількість листочків у складному листку також демонструє тенденцію до зменшення у забруднених умовах (16,28±2,25 та 15,51±2,67 проти 18,11±3,82 у контролі), що може бути пов'язано з інгібуванням морфогенезу та зниженням активності апікальних меристем. Це свідчить про порушення регуляції розвитку листкового апарату під дією NO_x та SO_2.

Площа окремого листка зменшується з 117,01±10,01 см² у контролі до 89,76±9,11 см² та 92,21±6,47 см² у моніторингових точках, що підтверджує редукцію асиміляційної поверхні на рівні органа. Подібні зміни є типовими для рослин, що зазнають хронічного впливу урботехногенного забруднення, та розглядаються як адаптивна відповідь, спрямована на зменшення транспіраційних втрат і токсичного навантаження через продихи.

Водночас загальна площа листкової поверхні демонструє нетипову динаміку: її значення зростає у моніторингових точках (5678,84±64,01 см² та 5264,61±31,11 см²) порівняно з контролем (4388,66±26,62 см²). Така тенденція може бути пояснена компенсаторною стратегією рослин, яка полягає у збільшенні кількості дрібніших листків для підтримання загальної фотосинтетичної продуктивності в умовах зниження площі окремих листкових пластинок. Це явище відповідає концепції фенотипової пластичності деревних видів у міських екосистемах.

Отже, результати підтверджують наявність складної нелінійної реакції асиміляційного апарату *Sophora japonica* на дію техногенного забруднення. Найбільш чутливими параметрами є площа окремого листочка та кількість листочків у складному листку, тимчасом загальна площа листкової поверхні відображає компенсаторні механізми адаптації. Сукупний вплив NO_x, SO_2 та твердих частинок має синергетичний прояв і призводить до перебудови морфологічної структури листкового апарату.

Отримані дані узгоджуються з концепцією дозовідповідної реакції рослин на атмосферне забруднення та підтверджують доцільність використання *Sophora japonica* як біоіндикаторного виду для оцінки стану урбоекосистем.

Висновки. Встановлено, що молоді рослини *Sophora japonica* є чутливими до дії аерогенних полютантів промислово-транспортного походження, зокрема SO_2 та NO_2, що призводить до суттєвих морфометричних змін ростових параметрів.

Під впливом техногенного забруднення відбувається виражене пригнічення ростових процесів. Довжина головного кореня зменшується з 16,53±0,40 см у контролі до 14,77±0,33 см у зоні помірного забруднення та 15,35±0,25 см у зоні підвищеного навантаження, що відповідає зниженню на 4,6–10,7 % відносно контролю. Висота надземної частини знижується з 16,75±0,53 см до 13,40±0,67 см і 15,02±0,88 см відповідно, що становить скорочення на 10,4–20,0 %.

Виявлено також істотні зміни асиміляційного апарату. Площа окремого листка зменшується з 13,66±10,01 см² у контролі до 5,47±0,45 см² та 7,60±0,40 см² у забруднених умовах, що відповідає зниженню на 38,5–59,9 %. Площа листкової пластинки окремого листочка скорочується з 2,53±0,13 см² до 1,17±0,12 см² та 1,30±0,07 см², що становить зменшення на 48,6–53,8 %.

Найбільш інтегральний показник – площа листкової поверхні – демонструє різноспрямовану реакцію: у зоні помірного навантаження вона зменшується до 89,76±9,11 см² (на 23,3 %), тимчасом у зоні інтенсивного навантаження збільшується до 92,21±6,47 см² (на 21,2 %), що свідчить про компенсаторну перебудову морфоструктури рослин.

Кількість листочків у складному листку зменшується з 18,11±3,82 до 16,28±2,25 та 15,51±2,67 шт., що становить зниження на 10,1–14,3 %, тимчасом кількість листків на пагоні демонструє відносне зростання до 7,95±0,17 шт. (+20,9 %) у зоні помірного забруднення, що може свідчити про компенсаторний прояв морфогенезу.

Отримані результати підтверджують високу інформативність *Sophora japonica* як біоіндикаторного виду. Найбільш чутливими показниками є площа листкової пластин-

ки та параметри асиміляційної поверхні, які доцільно використовувати для оцінювання рівня атмосферного забруднення в урбанізованих та промислових екосистемах.

Практичне значення дослідження полягає у можливості застосування отриманих морфометричних показників для біоіндикації стану повітряного середовища, моніторингу техногенного навантаження та оптимізації систем міського озеленення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Jim C.Y., Chen W.Y. Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). Journal of Environmental Economics and Management. 2008. 88(4). P. 665–676. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.03.035
2. Stratu A., Costica N., Costica M. Wooden species in the urban green areas and their role in improving the quality of the environment. Present Environment and Sustainable Development. 2016. Vol. 10 (2). P. 173–184. DOI: 10.1515/pesd-2016-0035
3. Курка С.С. Особливості вирощування *Sophora japonica* L. у садово-паркових господарствах. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29. № 7. С. 45–49. DOI: 10.15421/40290710
4. Курка С.С., Шлапак В.П., Адаменко С.А., Іщук Г.П. Характеристика плодів і насіння рослин *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott та способи усунення їх твердонасінності. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т. 30. № 4. С. 9–13. DOI: 10.36930/40300401
5. Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment / J.A. Salmond et al. Environmental Health. 2016. Vol. 15 (Suppl 1). 36 p. DOI: 10.1186/s12940-016-0103-6
6. Gostin I. Air pollution effects on the leaf structure of some Fabaceae species. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2009. Vol. 37(2). DOI: 10.15835/nbha3723078
7. Ecophysiological evaluation of tree species for biomonitoring of air quality / A. Sen et al. Environmental Monitoring and Assessment. 2017. Vol. 189(6). 262 p. DOI: 10.1007/s10661-017-5955-x
8. Бессонова В.П., Іванченко О.Є. Оцінка видового різноманіття придорожніх насаджень м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24. № 1. С. 36–56. DOI: 10.26661/2312-2056/2019-24/1-03
9. Морфофізіологічна оцінка деревних рослин Київського мегаполісу / О.Г. Луцишин та ін. Доповіді НАН України. 2010. № 7. С. 188–195.
10. Impact of particulate matter accumulation on the photosynthetic apparatus / R. Popek et al. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018. Vol. 163. P. 56–62. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.07.051
11. Influence of contamination on photosynthetic pigments / V.P. Bessonova et al. Biosystems Diversity. 2020. Vol. 28(2). P. 203–208. DOI: 10.15421/012026
12. Іванченко О.Є., Бессонова В.П. Індикація стану деревних рослин. Visnyk of Dnipropetrovsk University. 2016. Т. 24(1). С. 109–118. DOI: 10.15421/011613
13. Адаптація деревних рослин урбоедафотопів / О.Г. Луцишин та ін. Доповіді НАН України. 2013. № 5. С. 186–192.
14. Гришко В.М. Ріст деревних рослин в умовах техногенного забруднення. Український ботанічний журнал. 2002. Т. 59. № 1. С. 79–89.
15. Глібовицька Н.І. Фізико-хімічні параметри листків Tilia cordata. Вісник Харківського національного університету. 2013. № 1079. С. 180–185.
16. Скляренко А.В. Оцінювання флуктуючої асиметрії Betula pendula. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29. № 6. С. 54–57. DOI: 10.15421/40290611
17. Бессонова В.П., Чонгова А.С. Видовий склад деревних рослин. Науковий вісник НЛТУ України. 2021. Т. 31. № 2. С. 21–27. DOI: 10.36930/40310203
18. Петрушкевич Ю.М. Вплив промислових умов на Betula pendula. Наукові записки ТНПУ. 2018. Вип. 1(72). С. 82–89.
19. Зайцева І.О., Долгова Л.Г. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції рослин. Дніпропетровськ, 2010. 388 с.
20. Казаков Є.О. Методологічні основи експерименту з фізіології рослин. Дніпропетровськ, 2000. 272 с.
21. Usipiva T. Root morphometric characteristics under pollution conditions. Proceedings of International Conference. 2001. P. 680–684.
22. Study of flavonoids extraction / L. Pelekhova et al. Technology Audit and Production Reserves. 2024. No 5/3(79). P. 6–10. DOI: 10.15587/2706-5448.2024.312703

REFERENCES

1. Jim, C.Y., Chen, W.Y. (2008). Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). Journal of Environmental Economics and Management. Vol. 88(4), pp. 665–676. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.03.035
2. Stratu, A., Costica, N., Costica, M. (2016). Wooden species in the urban green areas and their role in improving the quality of the environment. Present Environment and Sustainable Development. Vol. 10(2), pp. 173–184. DOI: 10.1515/pesd-2016-0035
3. Kurka, S.S. (2019). Osoblyvosti vyroshchuvannia Sophora japonica L. u sadovo-parkovykh hospodarstvakh [Peculiarities of cultivation of Sophora japonica L. in horticultural farms]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 29(7), pp. 45–49. DOI: 10.15421/40290710
4. Kurka, S.S., Shlapak, V.P., Adamenko, S.A., Ishchuk, H.P. (2020). Kharakterystyka plodiv i nasinnia roslyn Styphnolobium japonicum (L.) Schott ta sposoby usunennia yikh tverdonasinnosti [Characteristics of fruits and seeds of Styphnolobium japonicum (L.) Schott and methods of overcoming seed dormancy]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 30(4), pp. 9–13. DOI: 10.36930/40300401

5. Salmond, J.A. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. Environmental Health. Vol. 15(Suppl. 1), 36 p. DOI: 10.1186/s12940-016-0103-6

6. Gostin, I. (2009). Air pollution effects on the leaf structure of some Fabaceae species. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. Vol. 37(2). DOI: 10.15835/nbha3723078

7. Sen, A. (2017). Ecophysiological evaluation of tree species for biomonitoring of air quality. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 189(6), 262 p. DOI: 10.1007/s10661-017-5955-x

8. Bessonova, V.P., Ivanchenko, O.Ye. (2019). Otsinka vydovoho riznomanittia prydorozhnikh nasadzhen m. Dnipro [Assessment of species diversity of roadside plantations of Dnipro city]. Pytannia bioindykatsii ta ekolohii [Issues of bioindication and ecology]. Vol. 24(1), pp. 36–56. DOI: 10.26661/2312-2056/2019-24/1-03

9. Lutsyshyn, O.H. (2010). Morfofiziolohichna otsinka derevnykh roslyn Kyivskoho mehapolisu [Morphophysiological assessment of woody plants of Kyiv metropolis]. Dopovidi NAN Ukrainy [Reports of the NAS of Ukraine]. no. 7, pp. 188–195.

10. Popek, R. (2018). Impact of particulate matter accumulation on the photosynthetic apparatus. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 163, pp. 56–62. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.07.051

11. Bessonova, V.P. (2020). Influence of contamination on photosynthetic pigments. Biosystems Diversity. Vol. 28(2), pp. 203–208. DOI: 10.15421/012026

12. Ivanchenko, O.Ye., Bessonova, V.P. (2016). Indykatsiia stanu derevnykh roslyn [Indication of the condition of woody plants]. Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu [Bulletin of Dnipropetrovsk University]. Vol. 24(1), pp. 109–118. DOI: 10.15421/011613

13. Lutsyshyn, O.H. (2013). Adaptatsiia derevnykh roslyn urboedafotopiv [Adaptation of woody plants to urban edaphotopes]. Dopovidi NAN Ukrainy [Reports of the NAS of Ukraine]. no. 5, pp. 186–192.

14. Hryshko, V.M. (2002). Rist derevnykh roslyn v umovakh tekhnohennoho zabrudnennia [Growth of woody plants under technogenic pollution]. Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian Botanical Journal]. Vol. 59(1), pp. 79–89.

15. Hlibovytska, N.I. (2013). Fizyko-khimichni parametry lystkiv Tilia cordata [Physicochemical parameters of Tilia cordata leaves]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu [Bulletin of Kharkiv National University]. no. 1079, pp. 180–185.

16. Skliarenko, A.V. (2019). Otsiniuvannia fluktuiuchoi asymetrii Betula pendula [Assessment of fluctuating asymmetry of Betula pendula]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 29(6), pp. 54–57. DOI: 10.15421/40290611

17. Bessonova, V.P., Chonhova, A.S. (2021). Vydovyi sklad derevnykh roslyn [Species composition of woody plants]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 31(2), pp. 21–27. DOI: 10.36930/40310203

18. Petrushkevych, Yu.M. (2018). Vplyv promyslovykh umov na Betula pendula [Influence of industrial conditions on Betula pendula]. Naukovi zapysky TNPU [Scientific notes of TNPU]. Vol. 1(72), pp. 82–89.

19. Zaitseva, I.O., Dolhova, L.H. (2010). Fizioloho-biokhimichni osnovy introduktsii roslyn [Physiological and biochemical bases of plant introduction]. Dnipropetrovsk, 388 p.

20. Kazakov, Ye.O. (2000). Metodolohichni osnovy eksperymentu z fiziolohii roslyn [Methodological foundations of experiment in plant physiology]. Dnipropetrovsk, 272 p.

21. Usipiva, T. (2001). Root morphometric characteristics under pollution conditions. Proceedings of International Conference. pp. 680–684.

22. Pelekhova, L. (2024). Study of flavonoids extraction. Technology Audit and Production Reserves. no. 5/3(79), pp. 6–10. DOI: 10.15587/2706-5448.2024.312703

Morphometric features of *Sophora japonica* L. growth under industrial pollution conditions

Kurka S., Ischuk H., Ischuk L., Koval S., Vitenko V.

The article presents the results of a study on the impact of industrial emissions of the toxic gases SO_2 and NO_2 on the morphometric and biometric parameters of self-sown and one-year-old juvenile *Sophora japonica* L. plants within the southern industrial zone of Odesa (Ukraine). The aim of the research was to assess the response of young S. japonica plants to the influence of aerogenic pollutants and to identify morphometric traits suitable for the bioindication of technogenic stress in urban ecosystems.

Sampling was conducted in July 2023 at three monitoring sites differing in air pollution levels: two experimental plots located within the impact zone of the Odesa Oil Refinery and one relatively clean control plot situated in Oleksandrivskyi Park in central Odesa. Monitoring site I was characterised by a moderate level of pollution (average gas concentrations: SO_2 – 0.14 mg/m³, NO_2 – 0.12 mg/m³) and was located 3 km from the emission source. Monitoring site II had the highest pollution level and was situated 2 km from the refinery, where the concentrations of SO_2 and NO_2 reached 0.28 mg/m³ and 0.23 mg/m³, respectively. According to the Odesa Municipal Sanitary Committee, the concentrations of sulfur (IV) oxide and nitrogen (IV) oxide in the control area did not exceed the maximum permissible concentrations.

The results demonstrated that prolonged exposure to aerogenic pollutants leads to a marked suppression of growth processes in young S. japonica plants, particularly through the inhibition of axial organ development and a reduction in the photosynthetic surface area. Significant decreases in main root length, leaf blade area, and total assimilative surface index were recorded under conditions of elevated technogenic pollution. These findings indicate the high sensitivity of the introduced species S. japonica

to sulfur and nitrogen oxides, making it a promising species for phytomonitoring and environmental bioindication in industrially affected regions.

Based on the obtained data, the study recommends the use of morphometric traits such as main root length, leaf blade area, and assimilative surface index as reliable diagnostic indicators for assessing the physiological state of young *Sophora japonica* L. plants in technogenically polluted ecosystems and for monitoring the impact of industrial emissions on urban vegetation.

Key words: juvenile growth, biometric parameters, industrial emissions, toxic gases SO_2 and NO_2, leaf surface area.

Copyright: Курка С.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:
Курка С.С. https://orcid.org/0000-0002-7722-2483
Іщук Г.П. https://orcid.org/0000-0002-4969-0933
Іщук Л.П. https://orcid.org/0000-0003-2150-0672
Коваль С.А. https://orcid.org/0000-0002-5897-9376
Вітенко В.А. https://orcid.org/0000-0001-5762-9238

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 069:929:78.071.2Козловський

Аналіз видового різноманіття біотичних комплексів історико-культурного ландшафту меморіального музею-садиби І.С. Козловського

Левандовська С.М., Олешко О.Г., Ващук Ю.В., Карпук Л.М., Роговський С.В., Крупа Н.М.

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: svtmzel@gmail.com

Левандовська С.М., Олешко О.Г., Ващук Ю.В., Карпук Л.М., Роговський С.В., Крупа Н.М. Аналіз видового різноманіття біотичних комплексів історико-культурного ландшафту меморіального музею-садиби І.С. Козловського. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 250–263.

Levandovska S., Oleshko O., Vashchuk Yu., Karpuk L., Rohovskyi S., Krupa N. Analysis of the Species Diversity of Biotic Complexes in the Historical and Cultural Landscape of the I.S. Kozlovskyi Memorial Museum-Estate. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 250–263.

Рукопис отримано: 12.03.2026 р.
Прийнято: 27.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-250-263

ISSN 2310-9270

У статті наведено результати комплексного інвентаризаційного та екологічного аналізу видового різноманіття біотичних комплексів історико-культурного ландшафту меморіального музею-садиби І.С. Козловського (с. Мар'янівка Білоцерківського району Київської області). В умовах зростаючого антропогенного навантаження та урбанізації довкілля меморіальні парки і старовинні садиби виконують надзвичайно важливу функцію екологічних «острівців», що забезпечують збереження унікальних фіто- та зооценозів. Головною метою дослідження стала всебічна оцінка сучасного стану біорізноманіття об'єкта. Польові дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на території площею 3,0 га з використанням методів маршрутних обстежень, пробних площ, структурно-порівняльного флористичного аналізу, стандартних зоологічних та ентомологічних методів обліку.

Встановлено, що сучасна флора вищих рослин меморіальної садиби налічує 219 видів. Дендрофлора представлена 69 видами з яскраво вираженим переважанням автохтонних таксонів, що формують типовий для центральної України ландшафт; зафіксовано созологічно цінний вид – тис ягідний (*Taxus baccata*). Трав'янистий покрив включає 150 видів, серед яких провідними є представники родин *Asteraceae* та *Poaceae*. Аборигенна фракція становить 71,3 %, що підтверджує збереження природного флористичного ядра території за помірного рівня інвазійного тиску (28,7 % адвентивних видів).

Зоологічні дослідження засвідчили, що у ентомофауні домінують політопні види та фітофаги, тимчасом чисельність корисних комах (запилювачів та ентомофагів) є зниженою. Фауна хребетних (амфібії, рептилії, птахи, ссавці) представлена типовими лісостеповими таксонами з високою екологічною пластичністю. Доведено критично важливу роль старовікових дерев парку як природних сховищ для рукокрилих.

Обґрунтовано висновок, що садово-паркові комплекси музею-садиби є повноцінними екосистемами. Отримані інвентаризаційні дані є базою для екологічного моніторингу та розроблення науково обґрунтованих заходів, що дозволять гармонійно поєднувати збереження національної історико-культурної спадщини з ефективною охороною біологічного різноманіття.

Ключові слова: біорізноманіття, історико-культурний ландшафт, меморіальний музей-садиба, дендрофлора, трав'яниста флора, фауна, екосистема, автохтонні види, урбанізоване середовище, охорона природи.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Парки біля історичних архітектурних об'єктів, меморіальні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва розглядають у науковій літературі як історичні і культурні ландшафти, що поєднують природні та історико-архітектурні елементи. Такі об'єкти інтегрують природну й культурну спадщину, формуючи цілісні історичні ландшафти, які водночас виконують функцію осередків біорізноманіття.

В умовах стрімкої урбанізації та антропогенного навантаження на довкілля, збереження біорізноманіття стає одним із пріоритетних завдань сучасної екології. Особливої ваги у цьому контексті набувають території об'єктів природно-заповідного фонду та історико-культурної спадщини. Меморіальні парки і старовинні садиби часто виконують роль своєрідних екологічних "острівців", де зберігаються унікальні вікові дерева та формуються специфічні мікрокліматичні умови, сприятливі для існування багатьох видів рослин і тварин [13, 14, 23, 33].

Серед вітчизняних науковців, які досліджували флору зазначених об'єктів – І.В. Бесеганич, Я.В. Геник, Р.Б. Дудин, В.О. Крамарець, В.О. Кучерявий, К. Покотилова, С.В. Роговський, Л.П. Іщук, Н.О. Сиплива, Г.А. Чорна, О. Шиндер, С.М. Левандовська, О.Г. Олешко та ін. [3, 6, 8–10, 14, 17–20, 24, 25, 34]. Сучасні дослідження зосереджені на таких напрямах: таксономічна, біоморфологічна, еколого-ценотична та вікова структури флори [1, 2, 5, 8, 14, 16, 18, 25]; оцінка санітарного стану зелених насаджень [3, 9, 20]; історична реконструкція паркових насаджень [10, 17, 19, 34]; роль історичних парків у збереженні біорізноманіття в урбанізованому середовищі [13, 29–31, 33].

Історичні парки часто функціонують як осередки біорізноманіття, оскільки зберігають старовікові дерева та природні біотопи, які зникли в навколишніх ландшафтах. Подібні дослідження дозволяють оцінити ступінь збереженості історичних насаджень або їх відповідності історичному ландшафту, рівень природного відновлення, необхідність проведення реставраційних заходів.

Окремими дослідженнями встановлено, що значну частку дендрофлори історичних парків становлять аборигенні види [11, 16]. У спонтанній трав'янистій флорі також переважають аборигенні види різного географічного спектру [5].

Науковці у працях, присвячених меморіальним паркам, вказують, що меморіальні ландшафти мають специфічні риси рослинності, де флору використовують як символічний та композиційний елемент. Дослідниками встановлено, що деревна рослинність відіграє важливу роль у створенні сакрально-меморіального ландшафту, підкреслюючи архітектуру меморіальних споруд і формуючи просторову композицію території. У таких парках використовують рослинність декоративних і символічних видів, значна частка деревних рослин має виразну архітектоніку, застосовують ґрунтопокривні рослини для формування відкритих просторів [17].

Основні екологічні функції територій історичних та меморіальних парків полягають у формуванні різноманітних біотопів (деревних насаджень, водойм, чагарників, газонів), що утворює середовища існування для багатьох груп тварин – комах, птахів, ссавців, амфібій і рептилій, і має важливе значення у підтриманні стабільності екосистем. У сучасних наукових дослідженнях розглядається формування у паркових насадженнях складних трофічних зв'язків між різними групами тварин, зокрема комахами та птахами [33].

Аналіз окремих таксономічних груп тварин показав, що комахи становлять найбільш чисельну складову фауни культурних і природних ландшафтів. Дослідження ентомофауни доводять, що різні мікробіотопи (чагарники, лісові ділянки, газони) формують специфічні комплекси комах, зокрема найвищий рівень їх різноманіття характерний для ділянок із природною рослинністю [31]. Збільшення різноманіття гарноквітучих та лучних видів рослин і зменшення інтенсивності косіння газонів у парках значно підвищує чисельність і видове різноманіття комах-запилювачів та інших груп комах [28, 29].

Птахи є однією з найкраще вивчених груп фауни паркових екосистем. Дослідження вказують на те, що міські та історичні парки є місцями гніздування багатьох видів, виконують роль зупинок для мігруючих птахів, сприяють підтриманню стабільності міських популяцій [7, 12]. Видове різноманіття птахів залежить від: структури рослинності, наявності водойм, рівня антропогенного навантаження. Сприятливі умови для гніздування створюють вікові насадження, галявини, чагарники та водойми, де найчастіше зустрічаються види, характерні для лісових масивів та прибережної зони [15, 27]. Важливу групу паркової фауни становлять дрібні ссавці та рукокрилі. У старовікових деревах історичних насаджень знаходиться більшість сховищ кажанів [4, 30].

Фауна історичних і меморіальних парків виконує важливі екологічні функції: регуляція чисельності комах-шкідників; участь у процесах запилення рослин; поширення насіння; підтримання трофічних ланцюгів.

Незважаючи на те, що музеї-садиби традиційно розглядають як об'єкти історичної та культурної цінності, їхні садово-паркові комплекси є повноцінними екосистемами. Біологічне різноманіття є індикатором екологічного стану екосистем історико-культурних ландшафтів, оскільки зміни у видовому складі відображають стан середовища. Комплексний підхід до інвентаризації біологічного різноманіття об'єктів на прикладі меморіального музею-садиби І.С. Козловського має важливе наукове і практичне значення для виконання ними природоохоронної, рекреаційної, освітньої функцій, їх збереження та сталого використання. Він дозволяє визначати вікову структуру та санітарний стан насаджень, виявляти рідкісні, ендемічні й інвазійні види, оцінити відповідність сучасної структури насаджень історичному плануванню, їхній реальний екологічний потенціал та роль у підтримці регіонального біорізноманіття. Наявність актуальних інвентаризаційних даних дає можливість відстежувати динаміку змін та розробляти науково обґрунтовані рекомендації щодо гармонійного поєднання завдань охорони історичної спадщини та заходів щодо збереження видів флори і фауни.

Мета дослідження – здійснити комплексний інвентаризаційний та екологічний аналіз видового складу фіто- та зооценозів території меморіального музею-садиби І.С. Козловського для оцінки сучасного стану його біорізноманіття. Об'єкт досліджень: біотичні комплекси (флора і фауна) історико-культурного ландшафту меморіального музею-садиби І.С. Козловського. Предмет дослідження: видовий склад, систематична структура та екологічні особливості рослинних і тваринних угруповань на території меморіального музею-садиби.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження здійснювали із застосуванням загальнонаукових методів, зокрема аналізу, синтезу, спостереження та спеціальних методів біологічних досліджень, включаючи польові маршрутні обстеження та камеральну обробку матеріалів. Польові дослідження проводили на території меморіального музею-садиби протягом весняно-осінніх періодів 2023–2025 рр. Загальна площа обстеженої території становила 3,0 га. Дослідження охоплювали всі основні функціональні зони комплексу: парк, сад, господарську зону та ділянки з природним рослинним покривом. Для детального вивчення угруповань трав'янистих рослин застосовували метод пробних площ. Ідентифікацію видів здійснювали з використанням міжнародної електронної бази даних *Plants of the World Online* (POWO), назви таксонів наведено відповідно до вимог чинного Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури [35]. Систематичне положення таксонів *Magnoliophyta* визначено відповідно до сучасної таксономічної системи класифікації квіткових рослин APG IV [27]. Для географічного аналізу трав'янистої флори використали схему ботаніко-географічного районування Земної кулі, розроблену Г. Мойзелем [32].

Ентомофауну досліджували косінням ентомологічним сачком. Облік видів герпетофауни проводили маршрутним візуальним методом, обстеження здійснювали у години їхньої найбільшої активності за допомогою пошуку зі спрямованим оглядом типових мікробіотопів та потенційних сховищ. Облік земноводних проводили у ранкові та вечірні години, після атмосферних опадів та у прибережній зоні водойм і вологих низинах. Для визначення видового різноманіття орнітофауни застосовували метод маршрутних та точкових обліків у ранкові години піка активності, користуючись визначниками [21, 22]. Облік дрібних ссавців (теріофауна) проводили за слідами життєдіяльності (нори, погризи шишок та горіхів) та візуальними спостереженнями.

Результати дослідження та обговорення. Меморіальний музей-садиба І.С. Козловського – музей, присвячений життю і творчості видатного українського співака, заснований згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 11 березня 1994 року № 160 «Про увічнення пам'яті І. С. Козловського». Музей-садиба розташований у с. Мар'янівка Білоцерківський району Київської області. У 2009 р. його визнано пам'яткою історії і архітектури кінця XIX–початку XX ст. (Постанова Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2009 року № 928 «Про занесення об'єктів культурної спадщини національного значення до Державного реєстру нерухомих пам'яток України»).

Площа музею-садиби понад 2 га, територія обмежена р. Протока та вул. Шкільною. Її основою є садиба XIX ст., яка належала роду Козловських. На території садиби розташований парк, спланований у 1960-х рр. І. С. Козловським та ландшафтним архітектором Я. Друцьким. Частиною парку є яблуневий

сад, закладений самим І. С. Козловським, на честь Олександра Довженка.

За класифікацією Л.І. Рубцова (Rubtsov, 1977) на території садиби виділено типи садово-паркових ландшафтів: садовий, лучний і парковий. Під час формування насаджень враховували побажання І. С. Козловського і його прагнення відтворити типовий для центральної України ландшафт – біля ставка висаджені верби, в прибережній парковій зоні височіють пірамідальні тополі (*Populus nigra* L. 'Italica'). Серед паркових дерев чисельно переважають автохтонні види: *Tilia platyphyllos* Scop., *Tillia cordata* Mill., *Acer platanoides* L.

Флора території меморіального музею-садиби нараховує 219 видів вищих рослин, що належать до 157 родів, 63 родин та 4 відділів: *Equisetophyta, Polypodiophyta, Pinophyta і Magnoliophyta*.

Інвентаризація багаторічних зелених насаджень на території меморіальної садиби І.С. Козловського висвітлена у попередній публікації С.В. Роговського та ін. [34]. Всього на території садиби виявлено 69 деревно-чагарникових видів рослин. Вони об'єднані в 48 родів, 30 родин, 25 порядків, 8 підкласів, 4 класи і 2 відділи (*Pinophyta, Magnoliaphyta*). Дендрофлора парку характеризується переважанням у насадженнях автохтонних видів, які на фоні ставка та луків формують типовий ландшафт, характерний для центральної України. Созологічний аналіз дендрофлори показав, що в складі насаджень наявний *Taxus baccata* L., занесений до Червоної книги України та Європейського Червоного списку.

Склад трав'яного покриву формується під впливом комплексу екологічних і антропогенних чинників, серед яких найвагомішими є: ґрунтово-кліматичні умови, тип лісорослинних умов, рівень освітленості, прояв та інтенсивність антропогенного навантаження. Ці фактори визначають видовий склад, структуру, флористичне різноманіття та проєктивне покриття травостою. На досліджуваній території відсутні природні чинники, що могли б істотно впливати на рівень освітленості, зокрема експозиція схилів або затінення з боку високих будівель. Визначальним фактором формування світлового режиму є деревна рослинність, яка спричиняє затінення та негативно впливає на ріст і розвиток рослин надґрунтового покриву, природне поновлення деревних видів.

Під час досліджень нами встановлено, що на території меморіальної садиби-музею І. С. Козловського зростає 150 видів трав'янистих вищих судинних рослин, об'єднаних у 109 родів та 33 родини. Узагальнені дані щодо таксономічної структури трав'янистої флори меморіальної садиби наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – **Таксономічний склад трав'янистої флори меморіальної садиби-музею І.С. Козловського**

№ з/п	Вид	Родина	Статус походження виду
1	2	3	4
	Equisetophyta		
1	*Equisetum arvense* L.	*Equisetaceae*	аборигенний
	Polypodiophyta		
2	*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs	*Dryopteridaceae*	аборигенний
3	*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott	-//-	аборигенний
	Angiospermae, Monocots		
4	*Allium oleraceum* L.	*Amaryllidaceae*	аборигенний
5	*Convallaria majaslis* L.	*Asparagaceae*	аборигенний
6	*Polygonatum multiflorum* (L.) All.	-//-	аборигенний
7	*Iris hybrida* Hort.	*Iridaceae*	адвентивний
8	*Carex hirta* L.	*Cyperaceae*	аборигенний
9	*Carex leporina* L.	-//-	аборигенний
10	*Carex spicata* Huds.	-//-	аборигенний
11	*Juncus compressus* Jacq.	*Juncaceae*	аборигенний
12	*Juncus tenuis* Willd.	-//-	адвентивний
13	*Luzula sylvatica (*Huds.) Gaud.	-//-	аборигенний
14	*Agrostis capillaris* L.	*Poaceae*	аборигенний
15	*Agrostis gigantea* Roth	-//-	аборигенний
16	*Agrostis stolonifera* L.	-//-	аборигенний

Продовження табл. 1

1	2	3	4
17	*Alopecurus pratensis* L.	-//-	адвентивний
18	*Apera spica-venti* (L.) P.Beauv.	-//-	адвентивний
19	*Arrhenatherum elatius* (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl.	-//-	аборигенний
20	*Avena fatua* L.	-//-	адвентивний
21	*Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P.Beauv.	-//-	аборигенний
22	*Bromus benekenii* (Lange) Trimen	-//-	аборигенний
23	*Bromus carinatus* Hook. & Arn.	-//-	адвентивний
24	*Bromus hordeaceus* L.	-//-	адвентивний
25	*Bromus inermis* Leyss.	-//-	аборигенний
26	*Bromus tectorum* L.	-//-	адвентивний
27	*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth	-//-	аборигенний
28	*Dactylis glomerata* L.	-//-	аборигенний
29	*Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muehl.	-//-	адвентивний
30	*Elymus repens* (L.) Gould	-//-	аборигенний
31	*Eragrostis minor* Host	-//-	адвентивний
32	*Festuca orientalis* (Boiss.) B. Fedtsch.	-//-	аборигенний
33	*Festuca rubra* L.	-//-	аборигенний
34	*Lolium giganteum* (L.) Darbysh.	-//-	аборигенний
35	*Lolium pere*nne L.	-//-	аборигенний
36	*Milium effusum* L.	-//-	аборигенний
37	*Phleum pratense* L.	-//-	аборигенний
38	*Poa annua* L.	-//-	аборигенний
39	*Poa nemoralis* L.	-//-	аборигенний
40	*Poa pratensis* L.	-//-	аборигенний
41	*Setaria viridis* (L.) P.Beauv.	-//-	адвентивний
Angiospermae, Eudicots			
42	*Amaranthus retroflexus* L.	*Amaranthaceae*	адвентивний
43	*Chenopodium album* L.	-//-	адвентивний
44	*Chenopodium ucrainicum* Mosyakin&Mandák	-//-	аборигенний
45	*Aegopodium podagraria* L.	*Apiaceae*	аборигенний
46	*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.	-//-	аборигенний
47	*Carum carvi* L.	-//-	аборигенний
48	*Chaerophyllum temulum* L.	-//-	аборигенний
49	*Daucus carota* L.	-//-	аборигенний
50	*Heracleum sibiricum* L.	-//-	аборигенний
51	*Sium latifolium* L.	-//-	аборигенний
52	*Achillea millefolium* L.	*Asteraceae*	аборигенний
53	*Ambrosia artemisiifolia* L.	-//-	адвентивний
54	*Arctium lappa* L.	-//-	аборигенний
55	*Arctium tomentosum* Mill.	-//-	аборигенний
56	*Artemisia absinthium* L.	-//-	адвентивний
57	*Artemisia campestris* L.	-//-	аборигенний
58	*Artemisia vulgaris* L.	-//-	адвентивний
59	*Bidens frondosa* L.	-//-	адвентивний
60	*Bidens tripartita* L.	-//-	аборигенний
61	*Carduus acanthoides* L.	-//-	адвентивний
62	*Carduus crispus* L.	-//-	аборигенний
63	*Cichorium intybus* L.	-//-	адвентивний
64	*Cirsium arvense* (L.) Scop.	-//-	аборигенний
65	*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.	-//-	аборигенний

Продовження табл. 1

66	*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.	-//-	аборигенний
67	*Crepis foetida* L.	-//-	адвентивний
68	*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.	-//-	адвентивний
69	*Erigeron annuus* (L.) Desf.	-//-	адвентивний
70	*Galinsoga parviflora* Cav.	-//-	адвентивний
71	*Hieracium umbellatum* L.	-//-	аборигенний
72	*Lactuca serriola* L.	-//-	адвентивний
73	*Lapsana communis* L.	-//-	аборигенний
74	*Pilosella officinarum* F.Schultz & Sch.Bip.	-//-	аборигенний
75	*Senecio vulgaris* L.	-//-	адвентивний
76	*Solidago canadensis* L.	-//-	адвентивний
77	*Sonchus arvensis* (M.Bieb.) Nyman	-//-	аборигенний
78	*Sonchus oleraceus* L.	-//-	адвентивний
79	*Sonchus palustris* L.	-//-	аборигенний
80	*Tanacetum vulgare* L.	-//-	аборигенний
81	*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg.	-//-	аборигенний
82	*Impatiens parviflora* DC.	*Balsaminaceae*	адвентивний
83	*Echium vulgare* L.	-//-	аборигенний
84	*Myosotis arvensis* (L.) Hill	-//-	адвентивний
85	*Alliaria petiolata* (M.Bieb.) Cavara & Grande	*Brassicaceae*	аборигенний
86	*Berteroa incana* (L.) DC.	-//-	аборигенний
87	*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.	-//-	адвентивний
88	*Sisymbrium loeselii* L.	-//-	адвентивний
89	*Arenaria serpyllifolia* L.	*Caryophyllaceae*	аборигенний
90	*Cerastium arvense* L.	-//-	аборигенний
91	*Dianthus armeria* L.	-//-	аборигенний
92	*Myosoton aquaticum* (L.) Moench	-//-	аборигенний
93	*Saponaria officinalis* L.	-//-	адвентивний
94	*Silene baccifera* Roth	-//-	адвентивний
95	*Silene latifolia* Poir.	-//-	аборигенний
96	*Stellaria holostea* L.	-//-	аборигенний
97	*Stellaria media* (L.) Vill.	-//-	аборигенний
98	*Calystegia sepium* (L.) R.Br.	*Convolvulaceae*	аборигенний
99	*Convolvulus arvensis* L.	-//-	аборигенний
100	*Euphorbia saratoi* Ard.	*Euphorbiaceae*	аборигенний
101	*Medicago lupulina* L.	*Fabaceae*	аборигенний
102	*Trifolium aureum* Pollich	-//-	аборигенний
103	*Trifolium pratense* L.	-//-	аборигенний
104	*Trifolium repens* L.	-//-	аборигенний
105	*Vicia hirsuta* (L.) Gray	-//-	адвентивний
106	*Erodium cicutarium* (L.) L'Her.	*Geraniaceae*	аборигенний
107	*Geranium pusillum* L.	-//-	адвентивний
108	*Hypericum perforatum* L.	*Hypericaceae*	аборигенний
109	*Ballota nigra* L.	*Lamiaceae*	адвентивний
110	*Clinopodium vulgare* L.	-//-	аборигенний
111	*Glechoma hederacea* L.	-//-	аборигенний
112	*Lamium maculatum* L.	-//-	аборигенний
113	*Lamium purpureum* L.	-//-	адвентивний
114	*Leonurus quinquelobatus* Gilib.	-//-	аборигенний
115	*Prunella vulgaris* L.	-//-	аборигенний
116	*Malva neglecta* Wallr.	*Malvaceae*	адвентивний
117	*Epilobium hirsutum* L.	*Onagraceae*	аборигенний

Продовження табл. 1

118	*Oenothera biennis* L.	-//-	адвентивний
119	*Oxalis stricta* L.	*Oxalidaceae*	адвентивний
120	*Chelidonium majus* L.	*Papaveraceae*	аборигенний
121	*Papaver rhoeas* L.	-//-	адвентивний
122	*Linaria vulgaris* Mill.	*Plantaginaceae*	аборигенний
123	*Plantago lanceolata* L.	-//-	аборигенний
124	*Plantago major* L.	-//-	аборигенний
125	*Veronica arvensis* L.	-//-	адвентивний
126	*Veronica chamaedrys* L.	-//-	аборигенний
127	*Veronica officinalis* L.	-//-	аборигенний
128	*Veronica polita* Fr.	-//-	адвентивний
129	*Polygonum hydropiper* L.	*Polygonaceae*	аборигенний
130	*Polygonum arenastrum* Boreau	-//-	аборигенний
131	*Polygonum aviculare* L.	-//-	аборигенний
132	*Rumex crispus* L.	-//-	аборигенний
133	*Rumex thyrsiflorus* Fingerh.	-//-	аборигенний
134	*Lysimachia nummularia* L.	*Primulaceae*	аборигенний
135	*Consolida regalis* Gray	*Ranunculaceae*	адвентивний
136	*Ranunculus acris* L.	-//-	аборигенний
137	*Ranunculus ficaria* L.	-//-	аборигенний
138	*Ranunculus repens* L.	-//-	аборигенний
139	*Agrimonia odorata* L.	*Rosaceae*	аборигенний
140	*Fragaria vesca* L.	-//-	аборигенний
141	*Geum urbanum* L.	-//-	аборигенний
142	*Potentilla argentea* L.	-//-	аборигенний
143	*Potentilla reptans* L.	-//-	аборигенний
144	*Galium aparine* L.	*Rubiaceae*	аборигенний
145	*Galium mollugo* L.	-//-	аборигенний
146	*Galium verum* L.	-//-	аборигенний
147	*Scrophularia nodosa* L.	*Scrophulariaceae*	аборигенний
148	*Verbascum phlomoides* L.	-//-	аборигенний
149	*Urtica dioica* L.	*Urticaceae*	аборигенний
150	*Viola odorata* L.	*Violaceae*	аборигенний

Вищі спорові рослини представлені всього 3 видами: *Equisetum arvense* L. (*Equisetophyta*), *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P.Fuchs і *D. filix-mas* (L.) Schott (*Polypodiophyta*).

Співвідношення видів *Monocots і Eudicots* у трав'янистій флорі дослідженого об'єкта становить 1/2,9 (табл. 2).

Систематичний спектр провідних родин трав'янистої флори садиби становлять: *Asteraceae* (31 вид), *Poaceae* (28), *Caryophyllaceae* (9), *Apiaceae, Lamiaceae* (7), *Polygonaceae, Rosaceae* (5) (табл. 3). Зазначені родини охоплюють понад половину видового складу, становлячи 61,3 % від загальної кількості виявлених видів.

Аналіз систематичної структури трав'янистої флори меморіальної садиби засвідчив, що значна частина родин є моногенеричними: 14 родин (42,4 %) представлені лише одним родом (*Asparagaceae, Iridaceae*, *Cyperaceae, Hypericaceae, Malvaceae Rubiaceae* та ін.). Найбільшою кількістю родів представлені родини *Asteraceae* – 21 (19,2 %) та *Poaceae* – 18 (16,5 %).

У результаті аналізу розподілу родів за рівнем видового різноманіття встановлено, що найрепрезентативнішими є: *Bromus* (5 видів); *Veronica* (4); *Agrostis, Poa, Artemisia, Cirsium, Carex, Sonchus, Trifolium, Polygonum*, *Ranunculus*, *Galium*, які включають по 3 види. Переважна більшість родів (83) представлені одним видом. Домінування монотипних родів притаманне природним або вторинно трансформованим фітоценозам.

Таблиця 2 – **Співвідношення таксонів *Monocots* і *Eudicots* трав'янистої флори меморіальної садиби-музею І.С. Козловського**

Клада	Родина		Рід		Вид	
	кількість	%	кількість	%	кількість	%
Monocots	6	19,4	25	23,3	38	25,9
Eudicots	25	80,6	82	76,7	109	74,1
Усього	31	100	107	100	147	100

Таблиця 3 – **Родинний спектр таксонів трав'янистої флори меморіальної садиби-музею І.С. Козловського**

№ з/п	Родина	Кількість таксонів	
		родового рангу	видового рангу
Equisetophyta			
1	*Equisetaceae*	1	1
Polypodiophyta			
2	*Dryopteridaceae*	1	2
Angiospermae, Monocots			
3	*Amaryllidaceae*	1	1
4	*Asparagaceae*	1	2
5	*Iridaceae*	1	1
6	*Cyperaceae*	1	3
7	*Juncaceae*	2	3
8	*Poaceae*	18	28
Angiospermae, Eudicots			
9	*Amaranthaceae*	2	3
10	*Apiaceae*	7	7
11	*Asteraceae*	21	31
12	*Balsaminaceae*	3	3
13	*Brassicaceae*	4	4
14	*Caryophyllaceae*	7	9
15	*Convolvulaceae*	2	2
16	*Euphorbiaceae*	1	1
17	*Fabaceae*	4	4
18	*Geraniaceae*	2	2
19	*Hypericaceae*	1	1
20	*Lamiaceae*	6	7
21	*Malvaceae*	1	1
22	*Onagraceae*	2	2
23	*Oxalidaceae*	1	1
24	*Papaveraceae*	2	2
25	*Plantaginaceae*	3	7
26	*Polygonaceae*	2	5
27	*Primulaceae*	1	1
28	*Ranunculaceae*	2	4
29	*Rosaceae*	4	5
30	*Rubiaceae*	1	3
31	*Scrophulariaceae*	2	2
32	*Urticaceae*	1	1
33	*Violaceae*	1	1
	Всього	109	150

Трав'яниста флора досліджуваної території сформована, переважно, аборигенними видами. Із 150 виявлених видів вищих судинних рослин 107 (71,3 %) належать до місцевих (автохтонних) видів, тимчасом лише 43 види (28,7 %) мають адвентивне походження. Така структура флори свідчить про збереження природного флористичного ядра та відносно помірний рівень інвазійного тиску.

У складі трав'янистого покриву кількісно переважають такі види: *Stellaria holostea* L., *Carex hirta* L., *Aegopodium podagraria* L., *Galium aparine* L., *Poa nemoralis* L., *Geum urbanum* L., *Agrimonia odorata* L., *Lysimachia nummularia* L., *Trifolium repens* L., *Potentilla anserina* L., *Artemisia vulgaris* L., *Impatiens parviflora* DC., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Chelidonium majus* L., *Viola odorata* L. Рідше зустрічаються *Convallaria majalis* L., *Allium oleraceum* L., *Iris hybrida* Hort.

Загалом, флора трав'яного покриву меморіальної садиби-музею І.С. Козловського вирізняється значним систематичним різноманіттям, що є результатом поєднаного впливу природних і антропогенних чинників. Переважання аборигенних видів свідчить про збереження природної компонентної структури флори, а наявність адвентивних таксонів – про помірний рівень трансформації рослинного покриву.

У результаті досліджень нами з'ясовано, що ентомофауна території меморіальної садиби характеризується загальним таксономічним різноманіттям, збідненим антропогенним впливом та збільшенням частки широко розповсюджених політопних видів. На ділянках різних ценозів поширені комплекси узлісно-лісових, лісових і чагарниково-степових видів.

В ентомофауні меморіальної садиби домінують фітофаги. Значну частку серед них займають шкідники лісових та паркових насаджень. Комплекс комах-ентомофагів (хижаків та паразитів), які у природі регулюють чисельність шкідливих комах, характеризується зниженою таксономічною насиченістю. Така ж тенденція простежується й щодо інших корисних для людини груп комах (запилювачів, фітофагів бур'янів, рідкісних та декоративних).

За кількістю видів домінують такі ряди комах: Твердокрилі (*Coleoptera*) – 31 %, Лускокрилі (*Lepidoptera*) – 16 %, Двокрилі (*Diptera*) – 14 %, Напівтвердокрилі (*Hemiptera*) – 12 % та Перетинчастокрилі (*Hymenoptera*) – близько 10 %.

Фоновими видами з твердокрилих є: бронзівка золотиста (*Cetonia aurata* (Linnaeus, 1758)), червневий хрущ (*Amphimallon solstitiale* (Linnaeus, 1758)), сонечко семикрапкове (*Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758)). З лускокрилих виявлено види: білюх ріпаковий (*Pontia edusa* (Fabricius, 1777)), білан капустяний (*Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758)), жалібниця (*Nymphalis antiopa* (Linnaeus, 1758)), очняк волове око (*Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758)).

Найбільше видове різноманіття встановлено у ряду Перетинчастокрилі, зокрема: шершень звичайний (*Vespa crabro* (Linnaeus, 1758)), оса звичайна (*Vespula vulgaris* (Linnaeus, 1758)) та ін. З надродини апоїдні оси: піскорий звичайний (*Ammophila sabulosa* (Linnaeus, 1758)) та бджолиний вовк (*Philanthus triangulum* (Linnaeus, 1758)). Джмелі репрезентовані лише одним видом – джміль земляний (*Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758)) з нехарактерно низькою чисельністю.

З ряду Прямокрилі (*Orthoptera*) ідентифіковано: коника блакитнокрилого (*Oedipoda caerulescens* (Linnaeus, 1758)), цвіркуна польового (*Gryllus campestris* (Linnaeus, 1758)), цвіркуна стеблового (*Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763)) та ін.

Фауна амфібій у межах меморіальної садиби представлена наступними видами: землянка звичайна (*Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768)) і жаба трав'яна (*Rana temporaria* (Linnaeus, 1758)).

Серед плазунів найпоширенішими є: ящірка прудка (*Lacerta agilis* (Linnaeus, 1758)) та зелена (*L. viridis* (Laurenti, 1768)), вуж звичайний (*Natrix natr*ix (Linnaeus, 1758)).

Орнітофауна характеризується наявністю типових лісових видів, зокрема: синиця велика (*Parus major* (Linnaeus, 1758)), дрізд чорний (*Turdus merula* (Linnaeus, 1758), зяблик звичайний (*Fringilla coelebs* (Linnaeus, 1758)), дятел великий строкатий (*Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758)), повзик звичайний (*Sitta europaea* (Linnaeus, 1758)), сойка звичайна (*Garrulus glandarius* (Linnaeus, 1758)), горлиця садова (*Streptopelia decaocto* (Frivaldszky, 1838)), крук (*Corvus corax* (Linnaeus, 1758)), плиска біла (*Motacilla alba* (Linnaeus, 1758)), сич хатній (*Athene noctua* (Scopoli, 19690)) та ін.

Тваринний світ меморіальної садиби представлений характерними видами ссавців, притаманними лісостеповій зоні України. За результатами обстеження території виявлено низку видів дрібних і середніх ссавців, які формують основний зоокомплекс.

До числа найпоширеніших належать: гризуни (*Rodentia*) – полівка сіра (*Microtus arvalis* (Pallas, 1779)), мишка лучна (*Micromys minutus* Pall.), вивірка звичайна (*Sciurus vulgaris* (Linnaeus, 1758)); комахоїдні (*Eulipotyphla*) – їжак європейський (*Erinaceus europaeus* (Linnaeus, 1758)), кріт європейський (*Talpa europaea* (Linnaeus, 1758)); зайцеподібні (*Leporiformes*) – заєць сірий (*Lepus europaeus* (Pallas, 1778)). Дрібні хижаки (*Carnivora*) трапляються рідше і ведуть прихований спосіб життя, але є важливою ланкою паркової екосистеми. У парку виявлено куницю кам'яну (*Martes foina* (Erxleben, 1777)) – найменшого хижака України.

Історичні парки мають критичне значення для збереження представників родини Лиликові (*Vespertilionidae* Gray, 1821) в урбанізованому середовищі. Старі дерева з дуплами та тріщинами кори (яких зазвичай немає у нових міських скверах) є ідеальними місцями для мешкання кажанів. У парковій та господарській зонах зустрічаються: вечірниця руда (*Nyctalus noctula* (Schreber, 1774)) і нетопир карлик (*Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774)).

Загалом зоофауна садиби представлена переважно видами з високим ступенем екологічної пластичності, здатними до адаптації в умовах трансформованого, антропогенно зміненого середовища. На момент дослідження стабільних осередків проживання диких тварин не зафіксовано, що, ймовірно, обумовлено обмеженими площами природних біотопів та відсутністю достатньої кормової бази і сховищ.

Висновки. На основі проведеного комплексного інвентаризаційного та екологічного аналізу біотичних комплексів історико-культурного ландшафту меморіального музею-садиби І. С. Козловського можна зробити наступні висновки. Флора садиби характеризується значним видовим різноманіттям і налічує 219 видів вищих рослин. Дендрофлора (69 видів) сформована переважно автохтонними видами, які вдало відтворюють типовий ландшафт центральної України. Трав'яниста флора представлена 150 видами, серед яких домінують представники родин *Asteraceae* та *Poaceae*. Переважання аборигенних видів (71,3 %) свідчить про збереження природного флористичного ядра території. Частка адвентивних видів становить 28,7 %, що вказує на відносно помірний рівень інвазійного тиску та антропогенної трансформації фітоценозів.

Фауна комах зазнала певного збіднення внаслідок антропогенного впливу. У структурі домінують фітофаги (зокрема, шкідники лісових і паркових насаджень) та політопні види. Орнітофауна, герпетофауна та теріофауна представлені типовими для лісостепу видами з високим ступенем екологічної пластичності. Зоокомплекс ссавців представлений характерними дрібними і середніми видами, притаманними лісостеповій зоні України.

Меморіальний музей-садиба функціонує не лише як об'єкт історичної пам'яті, а й як повноцінна екосистема. Садово-паркові комплекси садиби виконують роль важливого екологічного «острівця», який сприяє збереженню аборигенної флори та підтримці стабільності локальних популяцій фауни в умовах трансформованого середовища.

Інвентаризаційні дані дозволяють підтвердити необхідність гармонійного поєднання реставраційних заходів щодо збереження культурної спадщини з природоохоронними практиками для підтримки біорізноманіття садиби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бесеганич І.В. Аналіз дендрофлори парку санаторію «Квітка полонини» (Закарпатська область). Український журнал природничих наук. Екологія. 2023. № 6. С. 100–112. DOI: 10.32782/naturaljournal.6.2023.11

2. Парки та сквери історичного мікрорайону «Малий Ґалаґов» м. Ужгорода / І.В. Бесеганич та ін. Науковий Вісник Ужгородського університету. Біологія. 2020. № 49. С. 7–35. DOI: 10.31861/biosystems2023.02.201

3. Систематична структура дендрофлори та санітарний стан паркових насаджень міст Карпатського регіону України / Я.В. Геник та ін. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування. Лісівництво та декоративне садівництво. 2013. 18 (7). Част. І. С. 42–52.

4. Годлевська Л., Ребров С. Кадастр хіроптерофауни заповідних парків України. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія. 2025. С. 15–20. DOI: 10.17721/1728.2748.2025.102.15-20

5. Коломійчук В., Шиндер О., Шевера М. Спонтанна флора судинних рослин паркового ансамблю замку «Сент-Міклош» (Закарпатська область). Науковий вісник Ужгородського університету. Біологія. 2025. С. 27–41. DOI: 10.32782/1998-6475.2025.58.4

6. Крамарець В.О., Кучерявий В.О., Соломаха В.А. Паркова та лісопаркова рослинність міст заходу України. Український ботанічний журнал. 1992. 49 (3). С. 12–20.

7. Кузьменко Л.П. Орнітофауна Графського парку міста Ніжина (Чернігівська область, Україна). Наукові записки Ніжинського державного університету. Біологічні науки. 2024. С. 30–41. DOI: 10.31654/2786-8478-2024-BN-1-2-30-41

8. Левандовська С.М., Олешко О.Г. Біоморфологічна структура дендрофлори парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський». Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю: матеріали Міжнародної наук.-практ. конференції. Біла Церква, 2018. С. 39–40.

9. Левандовська С.М., Олешко О.Г. Моніторинг стану зелених насаджень заповідного парку «Томилівський». Сучасні виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Біла Церква: БНАУ, 2022. С. 103–105 с.

10. Левандовська С.М., Хрик В.М. Дендробіотичне різноманіття парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Фастівський», його наукова цінність і стан збереження. Агробіологія. Біла Церква, 2024. № 1. С. 70–81. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-70-81

11. Масальський В.П., Кузнєцов С.І. Аборигенна дендрофлора покритонасінних – основа паркобудування в лісостепу України. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28. № 8. С. 14–18. DOI: 10.15421/40280802

12. Павленко В.О. Орнітофауна парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Парк ім. О.І. Ющенка» в м. Вінниці. Вісник студентського наукового товариства ДонНУ ім. Василя Стуса. 2024. С. 217–220.

13. Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва «Феофанія» – осередок біотичного різноманіття урбаноекосистеми Києва / В.Г. Радченко та ін. Екологічні науки. 2019. Т. 25. № 2. С. 138–146. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-2-25-22

14. Покотилова К. Систематичний та біоморфологічний аналіз дендрофлори штучних заповідних парків Рівненської області. Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Біологічні науки. 2018. № 8 (381). С. 17–22. DOI: 10.29038/2617-4723-2018-381-17-22

15. Причепа М.В. Сучасний стан орнітофауни дендропарку Олександрія. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Біологія. 2019. Вип. 33. С. 55–61. DOI: 10.26565/2075-5457-2019-33-8.

16. Решетюк О.В. Комплексний аналіз дендрофлори парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва імені Ф. Шиллера у Чернівцях. Scientific Bulletin of UNFU. 2023. Т. 33. № 5. С. 28–39. DOI: 10.36930/40330504

17. Роговський С.В., Масальський В.П. Дендрофлора сучасного парку та її роль у формуванні сакрально-меморіального ландшафту. Scientific Bulletin of UNFU. 2023. Вип. 33(2). С. 14–24. DOI: 10.36930/40330202

18. Підсумки інвентаризації дендрофлори та оцінка стану насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський» / С.В. Роговський та ін. Агробіологія. 2023. № 1. С. 215–229. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-215-229

19. Роговський С.В. Особливості інтродукційної оптимізації рекреаційного ландшафту на території санаторію «Квітка полонини». Науковий вісник НЛТУ України. 2008. 18 (12). С. 50–60.

20. Сиплива Н.О. Інвентаризаційні дослідження парків-пам'яток садово-паркового мистецтва Вінниччини. Вісник Національного науково-природничого музею. 2014. № 12. С. 116–122.

21. Фесенко Г.В., Бокотей А.А. Анотований список українських наукових назв птахів фауни України. Київ-Львів, 2007. 111 с.

22. Фесенко Г.В., Бокотей А.А. Птахи фауни України: польовий визначник. Київ: Українське тов-во охорони птахів, 2002. 416 с.

23. Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, охороні та збереженні рослинного світу: монографія / за ред. С.М. Ніколаєнка. Київ: Видавництво Ліра-К, 2018. 476 с.

24. Чорна Г.А., Шиндер О.І., Коструба Т.М. Доповнення до переліку видів спонтанної флори Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська область). Chornomorski botanical journal. 2021. 7(4). С. 302–315. DOI: 10.32999/ksu1990-553X/2021-17-4-1

25. Шиндер О., Яцентюк Ю., Чорна Г., Коструба Т. Флора парку-пам'ятки садового паркового мистецтва «Синицький парк» (Черкаська область). Chornomorski botanical journal (Чорноморський ботанічний журнал). 2024. Т. 20. № 4. С. 410–438. DOI: 10.32999/ksu1990-553X/2024-20-4-4

26. Яненко В.О., Турчик А.О., Маркова А.О., Казанник В.О. Видовий склад та добова активність птахів Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України. Вип. 5–6. С. 26–37.

27. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society. 2016. Вип. 181. № 1. С. 1–20. DOI: 10.1111/boj.12385

28. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management / M. Aronson et al. Frontiers in Ecology and the Environment. 2017. Vol. 15. Issue 4. P. 189–196. DOI: 10.1002/fee.1480.

29. Lawn management promoting tall herbs, flowering species and urban park attributes enhance insect biodiversity in urban green areas / P. Biella et al. Urban Forestry & Urban Greening. 2025. Vol. 104. P. 128650. DOI: 10.1016/j.ufug.2024.128650.

30. Managing local and landscape features to conserve bats in urban woodlands / J.S. Froidevaux et al. Urban Ecosystems. 2019. Vol. 22. P. 1165–1176. DOI: 10.1007/s11252-019-00898-z.

31. Ionescu M., Manci C. O., Szekely L. Beetles Diversity in Two Urban Ecosystems in Sibiu (Romania): Dumbrava Sibiului Forest and Sub Arini Park. Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research. 2022. Vol. 24. No 1. P. 31–44. DOI: 10.2478/trser-2022-0003

32. Meusel H., Jager E. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropaischen Flora. Jena: Veb G. Fischer Verlag, 1992. Bd. 2. URL: https://chorologie.biologie.uni-halle.de/choro/index.php?Lang=D

33. Urban parks as an important component of environmental infrastructure: Biodiversity conservation

and recreational opportunities / R. Myalkovsky et al. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. 2023. No 14(4). P. 57–72. DOI: 10.31548/forest/4.2023.57

34. Rogovskyi S.V., Vashchuk Yu.V., Oleshko O.H., Krupa N.M. Dendroflora of the Ivan Kozlovsky memorial estate-museum in Marianivka village, Kyiv region: peculiarities of formation, current state and prospects for conservation. Journal of Native and Alien Plant Studies 21. 2025. P. 281–301. DOI: 10.37555/2707-3114.21.2025.346441

35. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen / N.J. Turland et al. China, July 2017. Glashütten: Koeltz Botanical Books. 2018. URL: https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php

REFERENCES

1. Besehanych, I.V. (2023). Analiz dendroflory parku sanatoriiu "Kvitka polonyny" (Zakarpatska oblast) [Analysis of the dendroflora of the park of the "Kvitka polonyny" sanatorium (Zakarpattia region)]. Ukrainskyi zhurnal pryrodnychykh nauk. Ekolohiia [Ukrainian Journal of Natural Sciences. Ecology]. no. 6, pp. 100–112. DOI: 10.32782/naturaljournal.6.2023.11

2. Besehanych, I.V., Hasynets, Ya.S., Kish, R.Ya., Soima, A.D., Vakerych, M.M. (2020). Parky ta skvery istorychnoho mikroraionu "Malyi Galagov" m. Uzhhoroda [Parks and squares of the historical microdistrict "Malyi Galagov" in Uzhhorod]. Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Biolohiia [Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Biology]. no. 49, pp. 7–35. DOI: 10.31861/biosystems2023.02.201

3. Henyk, Ya.V., Dudyn, R.B., Dyda, A.P., Marutiak, S.B., Kaspruk, O.I. (2013). Systematychna struktura dendroflory ta sanitarnyi stan parkovykh nasadzhen mist Karpatskoho rehionu Ukrainy [Systematic structure of dendroflora and sanitary condition of park plantings in the cities of the Carpathian region of Ukraine]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia. Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Forestry and Decorative Gardening]. Vol. 18, no. 7, Part I, pp. 42–52.

4. Hodlevska, L., Rebrov, S. (2025). Kadastr khiropterofauny zapovidnykh parkiv Ukrainy [Cadastre of bat fauna of protected parks of Ukraine]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Biolohiia [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Biology]. pp. 15–20. DOI: 10.17721/1728.2748.2025.102.15-20

5. Kolomiichuk, V., Shynder, O., Shevera, M. (2025). Spontanna flora sudynnykh roslyn parkovoho ansambliu zamku "Sent-Miklosh" (Zakarpatska oblast) [Spontaneous flora of vascular plants of the park ensemble of the "Saint Miklos" castle (Zakarpattia region)]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Biolohiia [Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Biology]. pp. 27–41. DOI: 10.32782/1998-6475.2025.58.4

6. Kramarets, V.O., Kucheriavyi, V.O., Solomakha, V.A. (1992). Parkova ta lisoparkova roslynnist mist zakhohu Ukrainy [Park and forest-park vegetation of cities in Western Ukraine]. Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian Botanical Journal]. Vol. 49, no. 3, pp. 12–20.

7. Kuzmenko, L.P. (2024). Ornitofauna Hrafskoho parku mista Nizhyna (Chernihivska oblast, Ukraina) [Avifauna of the Count's park in Nizhyn (Chernihiv region, Ukraine)]. Naukovi zapysky Nizhynskoho derzhavnoho universytetu. Biolohichni nauky [Scientific Notes of Nizhyn State University. Biological Sciences]. pp. 30–41. DOI: 10.31654/2786-8478-2024-BN-1-2-30-41

8. Levandovska, S.M., Oleshko, O.G. (2018) Biomorfolohichna struktura dendroflory parku-pamiatky sadovo-parkovoho mystetstva "Tomylovskyi" [Biomorphological structure of the dendroflora of the park-monument of garden and park art "Tomylovskyi"]. Suchasni problemy vedennia silskoho hospodarstva ta pidhotovky fakhivtsiv ahrarnoho profiliu: materialy Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konferentsii [Modern problems of agriculture and training of agricultural specialists: materials of the International Scientific and Practical Conference]. Bila Tserkva, pp. 39–40.

9. Levandovska, S.M., Oleshko, O.G. (2022). Monitorynh stanu zelenykh nasadzhen zapovidnoho parku "Tomylovskyi" [Monitoring the state of green spaces of the "Tomylovskyi" reserve park]. Suchasni vyklyky i aktualni problemy lisivnychoi osvity, nauky ta vyrobnytstva: materialy II Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. [Modern challenges and current problems of forestry education, science and production: materials of the II International Scientific-Practical Internet Conference]. Bila Tserkva, BNAU, pp. 103–105.

10. Levandovska, S.M., Khryk, V.M. (2024) Dendrobiotychne riznomanittia parku-pamiatky sadovo-parkovoho mystetstva mistsevoho znachennia "Fastivskyi", yoho naukova tsinnist i stan zberezhennia [Dendrobiotic diversity of the park-monument of landscape art of local importance "Fastivskyi", its scientific value and state of preservation]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 1, pp. 70–81. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-70-81.

11. Masalskyi, V.P., Kuznietsov, S.I. (2018). Aboryhenna dendroflora pokrytonasinnykh – osnova parkobuduvannia v lisostepu Ukrainy [Aboriginal dendroflora of angiosperms as the basis of park building in the forest-steppe of Ukraine]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 28, no. 8, pp. 14–18. DOI: 10.15421/40280802

12. Pavlenko, V.O. (2024). Ornitofauna parku-pamiatky sadovo-parkovoho mystetstva "Park im. O.I. Yushchenka" v m. Vinnytsi [Avifauna of the park-monument of landscape art "O.I. Yushchenko Park" in Vinnytsia]. Visnyk studentskoho naukovoho tovarystva DonNU im. Vasylia Stusa [Bulletin of the Student Scientific Society of Vasyl Stus DonNU]. pp. 217–220.

13. Radchenko, V.H., Burda, R.I., Pashkevych, N.A. (2019). Park-pamiatka sadovo-parkovoho

mystetstva "Feofaniia" – oseredok biotychnoho riznomanittia urbanoekosystemy Kyieva [Park-monument of landscape art "Feofaniia" as a center of biotic diversity of the Kyiv urban ecosystem]. Ekolohichni nauky [Ecological Sciences]. Vol. 25, no. 2, pp. 138–146. DOI: 10.32846/2306-9716-2019-2-25-22

14. Pokotylova, K. (2018). Systematychnyi ta biomorfolohichnyi analiz dendroflory shtuchnykh zapovidnykh parkiv Rivnenskoi oblasti [Systematic and biomorphological analysis of the dendroflora of artificial protected parks in Rivne region]. Naukovyi visnyk Skhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Biolohichni nauky [Scientific Bulletin of Lesya Ukrainka Eastern European National University. Biological Sciences]. no. 8(381), pp. 17–22. DOI: 10.29038/2617-4723-2018-381-17-22

15. Prychepa, M.V. (2019). Suchasnyi stan ornitofauny dendroparku Oleksandriia [Current state of the avifauna of the Alexandria arboretum]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Biolohiia [The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Biology]. no. 33, pp. 55–61. DOI: 10.26565/2075-5457-2019-33-8

16. Reshetiuk, O.V. (2023). Kompleksnyi analiz dendroflory parku-pamiatky sadovo-parkovoho mystetstva imeni F. Shyllera u Chernivtsiakh [Complex analysis of the dendroflora of the park-monument of landscape art named after F. Schiller in Chernivtsi]. Scientific Bulletin of UNFU. Vol. 33, no. 5, pp. 28–39. DOI: 10.36930/40330504

17. Rohovskyi, S.V., Masalskyi, V.P. (2023). Dendroflora suchasnoho parku ta yii rol u formuvanni sakralno-memorialnoho landshaftu [Dendroflora of a modern park and its role in the formation of a sacred-memorial landscape]. Scientific Bulletin of UNFU. Vol. 33, no. 2, pp. 14–24. DOI: 10.36930/40330202

18. Rohovskyi, S.V., Ishchuk, L.P., Strutynska, Yu.V., Yarmola, M.A., Krutsilov, A.I. (2023). Pidsumky inventaryzatsii dendroflory ta otsinka stanu nasadzhen parku-pamiatky sadovo-parkovoho mystetstva "Tomylivskyi" [Results of the dendroflora inventory and assessment of the condition of plantings in the "Tomylivskyi" park-monument of landscape art]. Ahrobiolohiia [Agrobiology]. no. 1, pp. 215–229. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-215-229

19. Rohovskyi, S.V. (2008). Osoblyvosti introduktsiinoi optymizatsii rekreatsiinoho landshaftu na terytorii sanatoriiu "Kvitka polonyny" [Peculiarities of introduction optimization of the recreational landscape on the territory of the "Kvitka polonyny" sanatorium]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]. Vol. 18, no. 12, pp. 50–60.

20. Syplyva, N.O. (2014). Inventaryzatsiini doslidzhennia parkiv-pamiatok sadovo-parkovoho mystetstva Vinnychchyny [Inventory studies of parks-monuments of landscape art in the Vinnytsia region]. Visnyk Natsionalnoho naukovo-pryrodnychoho muzeiu [Bulletin of the National Museum of Natural History]. no. 12, pp. 116–122.

21. Fesenko, H.V., Bokotei, A.A. (2007). Anotovanyi spysok ukrainskykh naukovykh nazv ptakhiv fauny Ukrainy [Annotated list of Ukrainian scientific names of birds of the fauna of Ukraine]. Kyiv-Lviv, 111 p.

22. Fesenko, H.V., Bokotei, A.A. (2002). Ptakhy fauny Ukrainy: polovyi vyznachnyk [Birds of the fauna of Ukraine: field guide]. Kyiv, Ukrainian Bird Protection Society, 416 p.

23. Nikolaienko, S.M. (2018). Florystychne i tsenotychne riznomanittia u vidnovlenni, okhoroni ta zberezhenni roslynnoho svitu: monohrafiia [Floristic and coenotic diversity in the restoration, protection and conservation of flora: monograph]. Kyiv, Lira-K Publishing House, 476 p.

24. Chorna, H.A., Shynder, O.I., Kostruba, T.M. (2021). Dopovnennia do pereliku vydiv spontannoi flory Natsionalnoho dendrolohichnoho parku "Sofiivka" NAN Ukrainy (m. Uman, Cherkaska oblast) [Additions to the list of spontaneous flora species of the National Dendrological Park "Sofiyivka" of the NAS of Ukraine (Uman, Cherkasy region)]. Chornomorski botanical journal. Vol. 17, no. 4, pp. 302–315. DOI: 10.32999/ksu1990-553X/2021-17-4-1

25. Shynder, O., Yatsentiuk, Yu., Chorna, H., Kostruba, T. (2024). Flora parku-pamiatky sadovoho parkovoho mystetstva "Synytskyi park" (Cherkaska oblast) [Flora of the "Synytskyi Park" park-monument of landscape art (Cherkasy region)]. Chornomorski botanical journal [Black Sea Botanical Journal]. Vol. 20, no. 4, pp. 410–438. DOI: 10.32999/ksu1990-553X/2024-20-4-4

26. Yanenko, V.O., Turchyk, A.O., Markova, A.O., Kazannyk, V.O. Vydovyi sklad ta dobova aktyvnist ptakhiv Derzhavnoho dendrolohichnoho parku "Oleksandriia" NAN Ukrainy [Species composition and daily activity of birds in the State Dendrological Park "Alexandria" of the NAS of Ukraine]. no. 5–6, pp. 26–37.

275. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society. 2016, Vol. 181, no. 1, pp. 1–20. DOI: 10.1111/boj.12385

28. Aronson, M., Lepczyk, C., Evans, K. (2017). Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 15, no. 4, pp. 189–196. DOI: 10.1002/fee.1480

29. Biella, P., Borghesan, S., Colombo, B. (2025). Lawn management promoting tall herbs, flowering species and urban park attributes enhance insect biodiversity in urban green areas. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 104, 128650 p. DOI: 10.1016/j.ufug.2024.128650

30. Froidevaux, J.S., Boughey, K.L., Barber, P.R. (2019). Managing local and landscape features to conserve bats in urban woodlands. Urban Ecosystems. Vol. 22, pp. 1165–1176. DOI: 10.1007/s11252-019-00898-z

31. Ionescu, M., Manci, C.O., Szekely, L. (2022). Beetles Diversity in Two Urban Ecosystems in Sibiu (Romania): Dumbrava Sibiului Forest and Sub

Arini Park. Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research. Vol. 24, no. 1, pp. 31–44. DOI: 10.2478/trser-2022-0003

32. Meusel, H., Jager, E., Rauschert, S. (1978). Vergleichende Chorologie der Zentraleuropaischen Flora Karten. Jena: Veb G. Fischer Verlag. Bd. 2. Available at: https://chorologie.biologie.uni-halle.de/choro/index.php?Lang=D

33. Myalkovsky, R., Plahtiy, D., Bezvikonnyi, P., Horodyska, O., Nebaba, K. (2023). Urban parks as an important component of environmental infrastructure: Biodiversity conservation and recreational opportunities. Ukrainian Journal of Forest and Wood Science. no. 14(4), pp. 57–72. DOI: 10.31548/forest/4.2023.57

34. Rogovskyi, S.V., Vashchuk, Yu.V., Oleshko, O.H., Krupa, N.M. (2025). Dendroflora of the Ivan Kozlovsky memorial estate-museum in Marianivka village, Kyiv region: peculiarities of formation, current state and prospects for conservation. Journal of Native and Alien Plant Studies. no. 21, pp. 281–301. DOI: 10.37555/2707-3114.21.2025.346441

35. Turland, N.J., Wiersema, J.H., Barrie, F.R. (2018). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen. China, 2017. Glashütten: Koeltz Botanical Books. Available at: https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php

Analysis of the Species Diversity of Biotic Complexes in the Historical and Cultural Landscape of the I.S. Kozlovskyi Memorial Museum-Estate

Levandovska S., Oleshko O., Vashchuk Yu., Karpuk L., Rohovskyi S., Krupa N.

The article presents the results of a comprehensive inventory and ecological analysis of species diversity within the biotic complexes of the historical and cultural landscape of the I. S. Kozlovsky Memorial Estate-Museum (Marianivka village, Bila Tserkva district, Kyiv region). Under conditions of increasing anthropogenic pressure and urbanization, memorial parks and historic estates perform an important function as ecological "islands" that ensure the preservation of unique phyto- and zoocoenoses.

The main objective of the study was a comprehensive assessment of the current state of biodiversity within the site. Field studies were conducted during 2023–2025 on an area of 3.0 hectares using route survey methods, sample plots, structural and comparative floristic analysis, as well as standard zoological and entomological census techniques.

It was established that the contemporary flora of higher plants within the memorial estate comprises 219 species. The dendroflora is represented by 69 species, with a pronounced predominance of autochthonous taxa that form a landscape typical of central Ukraine; a sozologically valuable species, the European yew (*Taxus baccata*), was recorded. The herbaceous layer includes 150 species, among which representatives of the Asteraceae and Poaceae families are dominant. The native fraction accounts for 71.3 %, confirming the preservation of the natural floristic core of the territory under a moderate level of invasive pressure (28.7 % adventive species).

Zoological studies have shown that the entomofauna is dominated by polytopic species and phytophages, while the abundance of beneficial insects (pollinators and entomophages) is relatively low. The vertebrate fauna (amphibians, reptiles, birds, and mammals) is represented by typical forest-steppe taxa with high ecological plasticity. The critically important role of old-growth trees in the park as natural shelters for bats has been demonstrated.

It is concluded that the garden and park complexes of the estate-museum function as full-fledged ecosystems. The obtained inventory data can serve as a baseline for long-term ecological monitoring and for the development of scientifically grounded measures aimed at harmoniously combining the preservation of national historical and cultural heritage with effective biodiversity conservation.

Key words: biodiversity, historical and cultural landscape, memorial estate-museum, dendroflora, herbaceous flora, fauna, ecosystem, autochthonous species, urbanized environment, nature conservation.

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

ORCID iD:

Левандовська С.М.	https://orcid.org/0000-0002-8485-6134
Олешко О.Г.	https://orcid.org/0000-0001-5263-1347
Ващук Ю.В.	https://orcid.org/0000-0002-1859-5802
Карпук Л.М.	https://orcid.org/0000-0002-2303-7899
Роговський С.В.	https://orcid.org/0000-0002-3047-0324
Крупа Н.М.	https://orcid.org/0000-0002-5299-3580

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 595.78(477.61)

До фауни лускокрилих (Insecta, Lepidoptera) Кремінських лісів (Луганська область, Україна)

Дем'яненко С.О.[1], Глотов С.В.[2,3,4,5], Заячук В.Я.[6], Горбенко Н.Є.[6], Чемерис І.А.[7], Ключка С.І.[7], Ткачук О.М.[7]

[1] *Українське ентомологічне товариство*

[2] *Державний природознавчий музей НАН України*

[3] *Луганський природний заповідник*

[4] *Національний природний парк «Кременецькі гори»*

[5] *Луганський національний університет імені Тараса Шевченка*

[6] *Національний лісотехнічний університет України*

[7] *Черкаський державний технологічний університет*

Глотов С.В. E-mail: sergijglotov@gmail.com

OPEN ACCESS

Дем'яненко С.О., Глотов С.В., Заячук В.Я., Горбенко Н.Є., Чемерис І.А., Ключка С.І., Ткачук О.М. До фауни лускокрилих (Insecta, Lepidoptera) Кремінських лісів (Луганська область, Україна). «Агробіологія», 2026. № 1. С. 264–277.

Demyanenko S., Glotov S., Zayachuk V., Horbenko N., Chemerys I., Kliuchka S., Tkachuk O. On the fauna of Lepidoptera (Insecta) of the Kreminna forests (Luhansk Region, Ukraine). «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 264–277.

Рукопис отримано: 11.03.2026 р.
Прийнято: 26.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-264-277

ISSN 2310-9270

У статті розглянуто відомості про фауну лускокрилих Кремінських лісів – найбільшого суцільного лісового масиву Луганщини (далі в тексті Лісовий масив) та однойменного Національного природного парку «Кремінські ліси» як його охоронюваної частини (далі в тексті Парк).

Метою досліджень було створення єдиного списку лускокрилих Лісового масиву, включно Парком, із врахуванням літературних джерел і власних зборів за 2009–2021 рр. у 11 локаціях.

У результаті вперше був створений систематичний список із 185 видів лускокрилих Лісового масиву, з яких 41 вид наводиться безпосередньо для території Парку. Для кожного виду надано інформацію про його фіксацію на досліджуваній територій, а саме літературне джерело, для нових знахідок – найменування локації, короткий опис біотопу, дата й чисельність.

Вид *Phyllocnistis valentinensis* Hering, 1936 з родини Gracillariidae виявився новим не лише для Парку та Лісового масиву, а й для Луганської області загалом. Цей дрібний вид молей-мінерів трофічно пов'язаний із вербами (*Salix pentandra* L., *S.alba* L., *S.triandra* L.), чия гусінь мінує листки, створюючи довгий вузький епідермальний коридор. Вид *Adscita statices* (Linnaeus, 1758) з родини Zygaenidae вперше підтверджений для території Луганщини фактичним матеріалом (до цього наводився для області як сумнівний на основі даних «Літописів природи»). Це досить поширений, але майже неможливий для ідентифікації лише за зовнішніми ознаками імаго вид.

Фауна лускокрилих Лісового масиву багата й різноманітна, однак все ще залишається недостатньо вивченою, особливо це стосується видів із нічною активністю та дрібних молеподібних лускокрилих. Реальна чисельність видів цих лісів масивів на порядок вища і потребує подальших досліджень. Для цього, окрім розширення географії та частоти моніторингу, необхідне використання методу приваблювання на світло якнайбільш результативного під час збору більшої частини лускокрилих.

Ключові слова: біорізноманіття, «Кремінські ліси», лускокрилі, Lepidoptera, національний природний парк, заплавні ліси, соснові насадження, лісівничі та екологічні фактори, склад деревостану, санітарний стан.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Кремінські ліси (далі в тексті Лісовий масив) – один з найбільших лісових масивів сходу України розташований на центральному заході (колишній Кремінський район) Луганської обл., територія якого становить більш ніж 35 тисяч га. Адміністративно ці землі входили до складу державного підприємства «Кремінське лісомисливське господарство», яке структурно складалося з 9 лісництв: Серебрянського, Веригінського, Кремінського (Комсомольського), Сіточного, Старокраснянського, Житлівського, Новокраснянського, Кудряшівського і Боровеньського. Ліси простягаються від кордонів із Донецькою обл. на заході, де вони межують з лісами НПП «Святі Гори», до р. Борової на сході. Північною межею є населені пункти Новокраснянка, Варварівка, Кудряшівка, південною – р. Сіверський Донець. Відстань між крайніми точками суцільного масиву зі сходу на захід до 40 км, з півночі на південь 26 км. На території Лісового масиву були створені об'єкти природно-заповідного фонду, але рівня заказників («Кремінські каптажі», «Сафоново», «Серебрянський») та невеликих за площею урочищ («Білоусова садка», «Дубовий Гай», «Сіточне»).

Однією з найцінніших і, до початку активних бойових дій російсько-української війни на цій території, найбільш збереженою та найменш підданою антропогенному впливу, була велика ділянка на південний захід від м. Кремінна. Обґрунтування необхідності охорони цієї території наводилось ще в кінці 80-х років минулого сторіччя, та лише 11.12.2009 р. указом Президента України В. Ющенка № 1040/2009 [1] було створено національний природний парк «Сіверсько-Донецький» площею 7007 га. Парк через позов Кремінської районної ради про протиправність створення проіснував менше року, до 21.10.2010 р. Згодом, наукове обґрунтування створення національного природного парку вже під назвою «Кремінські ліси» (далі в тексті Парк) подавали громадська організація «Екодім 2011» у 2012 р. та Інститутом агроекології і природокористування у 2017 р. Лише у 2019 р. Парк було створено указом Президента України В. Зеленського від 10.09.2019 р. № 678/2019 [2].

Площа Парку (рис. 1) становить 7269 га, з них 1179 га – зона повного заповідання, а саме 573 га Кремінського (Комсомольського) лісництва та 606 га Житлівського лісництва. На жаль, найбільші та найцінніші ділянки заплави уздовж кордону з Донецькою обл., як і все Серебрянське лісництво (рис. 2), не увійшли до складу Парку. На території Парку представлені переважно лісові, водні, болотні та лучні біотопи з домінуванням за площею перших.

Заплавні ліси Парку розташовані уздовж р. Сіверський Донець смугою завширшки 0,5–2 км від ділянки навпроти с. Шипилівки на заході до р. Борової у південних околицях Рубіжного на сході. Вони представлені переважно дубовими лісами з домішками кленів, в'язу, ясена, у підліску – глоду, терену, бруслини, крушини, жостеру та інших. У навколоводних ділянках – по берегам боліт, десятків озер-стариць та уздовж русла р. Сіверський Донець – поширені вербові, вільхові і тополеві фрагменти лісів.

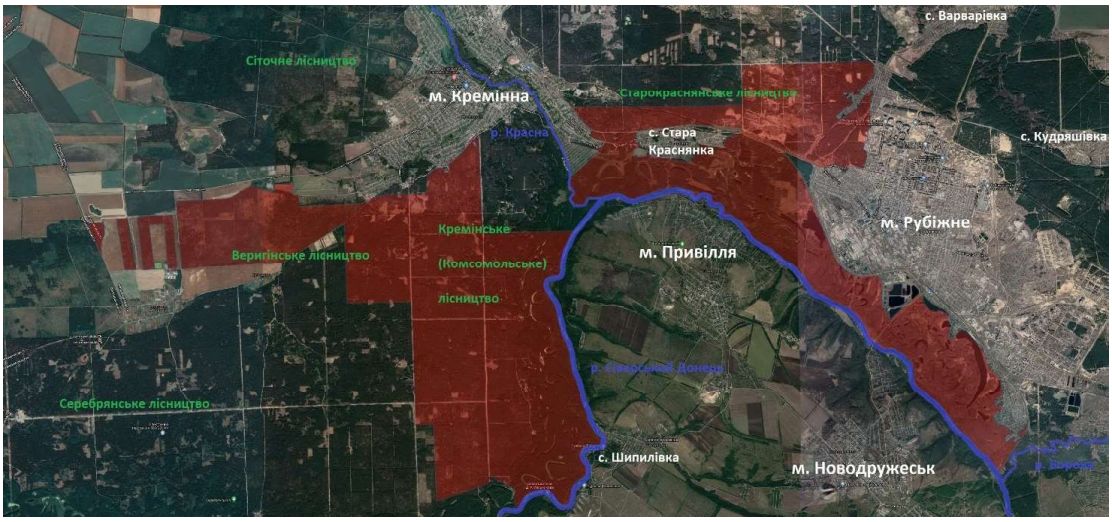


Рис. 1. **Межі Парку** (виділені червоним, без значно північніших фрагментів байрачних лісів).

Рис. 2. **Вид на Лісовий масив Серебрянського та Веригінського лісництв із протилежного берега р. Сіверський Донець** (с. Серебрянка).

Ліси надзаплавної тераси представлені штучними сосновими насадженнями на піщаному ґрунті з бідним складом нижчих ярусів і підстилки. На відкритих ділянках пісків зустрічаються фрагментарні рештки псамофітних степів, у пониззях – болотисті ділянки, оточені або порослі березою, осикою, вільхою. Часто трапляються мішані ліси сосни з дубом, березою.

До складу Парку, а саме зони повного заповідання, увійшли до 20 окремих невеликих ділянок байрачних лісів, що знаходяться значно північніше суцільного масиву лісів (балки правого берега р. Красна, між Краснориченське та с. Новомикільське).

Тваринний та рослинний світ Лісового масиву вирізняється високим різноманіттям і є прихистком для видів, нехарактерних для степової зони. Зокрема, флора кремінських лісів налічує 921 вид судинних рослин [3], у т.ч. десятки видів із охоронюваних списків.

Публікацій, присвячених саме фауні лускокрилих Лісового масиву або Парку, не існує. Фрагментарні відомості про 1 вид нічниць і 3 види листовійок містяться у працях радянського періоду, присвячених шкідникам [4, 5]. Серед сучасних українських праць згадується 6 видів листовійок [6], 57 видів булавовусих лускокрилих [7], 3 види п'ядунів [8], 7 видів еребід і 10 видів нічниць [9–14]. У деяких із цих статей, а також [15], частина однієї з ділянок околиць м. Сіверськодонецька належить до Лісового масиву, але в списках вона об'єднана з двома ділянками поза Лісовим масивом у єдину зону соснових насаджень. Нижче в статті першим автором відокремлено ці дані для нових видів Лісового масиву. Аналогічно, в пунктах «Голікове» та «Червонопопівка» [6, 7] дослідження окрім Лісового масиву лівобережжя охопили невелику ділянку крейдяних схилів балок правого берега р. Красна, види з якої не входять до території Лісового масиву і не були додані до списку.

Метою дослідження було створення систематичного списку лускокрилих Лісового масиву з Парком включно на основі аналізу літературних джерел та нових власних знахідок.

Матеріал і методи дослідження. Авторами у 2009–2021 рр. були здійснені короткочасні денні виїзди до ряду пунктів Лісового масиву, у т.ч. на території Парку, під час яких вивчали видовий склад лускокрилих. Деякі з цих даних, переважно про булавовусих лускокрилих до 2012 р. та листовійок, вже опубліковані у названих вище джерелах, інші є новими. Перелік пунктів моніторингу з координатами і місцевістю на території Парку: мішаний ліс з домінуванням сосни звичайної у зах. ок. оз. Підпісочне (49.0115, 38.2355); заплавна діброва у пд. ок. м. Кремінна уздовж р. Донець від гирла р. Красна до ділянки навпроти привільнянських баз відпочинку (49.0079, 38.2431); заплавний ліс між р. Сіверський Донець і оз. Піщане у пд. ок. м. Рубіжне (48.9910, 38.3742); заплавний ліс уздовж Сіверського Донця пд.-зах. с. Стара Краснянка (49.0238, 38.2723); соснові ліси у ст. Володине пн.-сх. с. Стара Краснянка (49.0417, 38.2894). Перелік пунктів із координатами і місцевістю на інших територіях Лісового масиву: піски, молоді сосни та березові гаї зах. ст. Бунчужний (49.1375, 38.18-38.22) на місці величезної пожежі 1996 р. (рис. 3, 4); заплава й заливні луки р. Красна пд. с. Голікове (49.1486, 38.1733) та пн.-сх. с. Червонопопівка

(49.1363, 38.1752) (рис. 5); зупинка ст. Красноріченська пн.-зах. с. Новокраснянка (49.1595, 38.2196); екотон лісу та луки пд. с. Красноріченське (49.1778, 38.1987); соснові насадження (49.0048, 38.4942) та заростаючі заплавні луки (49.0174, 38.5121) уздовж правого берега р. Борова пн. м. Сіверськодонецьк на відрізку Щедрищеве – Боровеньки (рис. 6).

Результати дослідження та обговорення. Нижче, у систематичному порядку [16] наведений список лускокрилих Лісового масиву (табл. 1). Жирним шрифтом виділені дані безпосередньо з території Парку. Нові знахідки розташовані за алфавітним порядком локацій, чисельність не вказана лише для звичайних видів.

Рис. 3–6. **Типові пейзажі Лісового масиву: 3 – ст. Бунчужний, болото, оточене березовим гаєм; 4 – ст. Бунчужний, молоді сосни на місці старої пожежі; 5 – с. Червонопопівка, вид з правого берега р. Красна на заплавний ліс, чорновільшанник, та соснові насадження біля Бунчужного; 6 – р. Борова, заростаючі лісом заплавні луки.**

Таблиця 1 – **Список лускокрилих (Lepidoptera) Лісового масиву**

Таксон	Літературні вказівки та нові знахідки
1	2
Родина Hepialidae	
Korscheltellus lupulina (Linnaeus, 1758)	с. Голікове, 06.06.2011, 1 екз.
Родина Nepticulidae	
Stigmella aceris (Frey, 1857)	Вказівки за 02.08.2020, 23.08.2020 з [15] відносяться до р. Борової.
Родина Incurvariidae	
Incurvaria pectinea Haworth, 1828	ст. Бунчужний, 20.04.2013, нерідкий у березових гаях.
Родина Adelidae	
***Nemophora degeerella* (Linnaeus, 1758) s. l.**	**оз. Підпісочне, 18.06.2016.**
Adela reaumurella (Linnaeus, 1758)	ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, на квітучій черемсі, 27.04.2013, там же.
***Nematopogon swammerdamella* (Linnaeus, 1758)**	ст. Бунчужний, 29.04.2012, березовий гай, ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 27.04.2023, 1 екз., **м. Кремінна, 01.05.2021, 50 екз.**
Родина Yponomeutidae	
***Yponomeuta plumbella* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	**оз. Підпісочне, 18.06.2016,** с. Червонопопівка, 23.06.2012, 2 екз.
Родина Gracillariidae	
Micrurapteryx kollariella (Zeller, 1839)	Вказівка за 02.08.2020 з [15] відноситься до р. Борової.
***Phyllocnistis valentinensis* Hering, 1936 (рис. 7)**	**м. Кремінна, 01.05.2021, 1 екз. на стовбурі дуба звичайного.**
***Phyllonorycter roboris* (Zeller, 1839)**	**м. Кремінна, 01.05.2021, близько 20 екз. на стовбурах декількох великих дубів.**
Родина Tortricidae	
Agapeta zoegana (Linnaeus, 1767)	Вказівки за 19.07.2020 та 02.08.2020 з [6] відносяться до р. Борової.
Hedya salicella (Linnaeus, 1758)	[6].
Epinotia immundana (Fischer von Röslerstamm, 1839)	[6].
Eucosma cana (Haworth, 1811)	Вказівка за 12.07.2020 з [6] відноситься до р. Борової.
Eucosma hohenwartiana ([Denis & Schiffermüller], 1775) s. l.	Вказівки за 12.07.2020 та 19.07.2020 з [6] відносяться до р. Борової.
Eucosma parvulana (Wilkinson, 1859)	Вказівка за 12.07.2020 з [6] відноситься до р. Борової.
Eucosma metzneriana (Treitschke, 1830)	Вказівка за 19.07.2020 з [6] відноситься до р. Борової.
Eucosma pupillana (Clerck, 1759)	Вказівка за 19.07.2020 з [6] відноситься до р. Борової.
Ancylis laetana (Fabricius, 1775)	[6].
Ancylis apicella ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[6].
Gravitarmata margarotana (Heinemann, 1863)	[6].
Rhyacionia duplana (Hübner, [1813])	[6].
Pseudococcyx turionella (Linnaeus, 1758)	[5].
Retinia resinella (Linnaeus, 1758)	[5].
Rhyacionia buoliana ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[5].
Родина Autostichidae	
Oegoconia deauratella (Herrich-Schäffer, [1854])	с. Червонопопівка, 23.06.2012, 1 екз. на стовбурі.
Родина Oecophoridae	
Metalampra cinnamomea (Zeller, 1839)	с. Новокраснянка, 16.07.2011, 1 екз. на зупинці.
Родина Depressariidae	

Продовження табл. 1

1	2
Agonopterix heracliana (Linnaeus, 1758)	р. Борова, 19.07.2008, 11 екз. під корою сухого дерева.
Родина Zygaenidae	
***Adscita statices* (Linnaeus, 1758)**	**м. Рубіжне, 29.07.2009, 1 ♂, на великій лісовій галявині, gen. det. Єфєтов К.О., Ручко П.В.**
Jordanita globulariae (Hübner, [1793])	с. Голікове, 06.06.2010, 1 ♂, 06.06.2011, 2 ♂.
Zygaena filipendulae (Linnaeus, 1758)	с. Новокраснянка, с. Красноріченське, 16.07.2011, звичайний всюди, с. Червонопопівка, 18.07.2010, 3 екз.
Родина Papilionidae	
Zerynthia polyxena ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[7]. с. Червонопопівка, 20.04.2013, 1 екз., 27.04.2013, 2 екз., уздовж р. Красна.
Iphiclides podalirius (Linnaeus, 1758)	[7]. р. Борова, 17.07.2010, 1 екз., 12.07.2020.
***Papilio machaon* Linnaeus, 1758**	**[7].** р. Борова, 12.07.2020, 5 екз., 19.07.2020, с. Червонопопівка, 20.04.2013, 1 екз.
Родина Hesperiidae	
Erynnis tages (Linnaeus, 1758)	[7].
Pyrgus malvae (Linnaeus, 1758)	[7]. с. Голікове, 19.05.2013, 1 екз., с. Червонопопівка, 20.04.2013, 1 екз.
Pyrgus armoricanus (Oberthür, 1910)	[7].
Carcharodus alceae (Esper, [1780])	[7]. р. Борова, 19.07.2008.
***Thymelicus lineola* (Ochsenheimer, 1808)**	**[7].** р. Борова, 28.06.2020, **оз. Підпісочне, 18.06.2016.**
Ochlodes sylvanus (Esper, [1777])	[7].
Родина Pieridae	
Leptidea sinapis (Linnaeus, 1758) complex	р. Борова, 28.06.2020, 2 екз., с. Червонопопівка, 27.04.2013, 1 екз. на березі р. Красна.
***Anthocharis cardamines* (Linnaeus, 1758)**	[7]. **м. Кремінна, 01.05.2021.**
Aporia crataegi (Linnaeus, 1758)	[7]. с. Голікове, 19.05.2013, 3 екз.
***Pieris rapae* (Linnaeus, 1758)**	[7].
***Pieris napi* (Linnaeus, 1758)**	[7]. с. Червонопопівка, 20.04.2013, заплавний ліс.
Pontia edusa (Fabricius, [1777])	[7]. с. Голікове, 19.05.2013, в т.ч. 1 дуже дрібний екз., с. Червонопопівка, 20.04.2013, заплавний ліс, на квітах *Glechoma hederacea* L.
Colias hyale (Linnaeus, 1758) complex	[7]. р. Борова, 19.07.2008, 1 ♀, 17.07.2010, 1 екз., с. Голікове, 19.05.2013, 1 екз.
***Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758)**	[7]. р. Борова, 17.07.2010, 1 екз., **м. Кремінна, 01.05.2021**, **оз. Підпісочне, 18.06.2016,** с. Червонопопівка, 20.04.2013, і самці і самки.
Родина Riodinidae	
Hamearis lucina (Linnaeus, 1758)	Вказівка за 19.07.2008 з [7] відноситься до р. Борової. р. Борова, 12.07.2020, 1 екз.
Родина Lycaenidae	
Lycaena phlaeas (Linnaeus, 1761)	[7]. р. Борова, 17.07.2010, 02.07.2020, 5 екз.
Lycaena dispar ([Haworth], 1802)	[7]. с. Голікове, 19.05.2013, 3 ♂, на вологому лузі.
Lycaena tityrus (Poda, 1761)	[7], вказівки за 19.07.2008 та 17.07.2010 з [7] також відносяться до р. Борової. с. Голікове, 19.05.2013, звичайний на вологому лузі.
Lycaena thersamon (Esper, [1784])	р. Борова, 02.07.2020, 2 екз., 23.08.2020.
Cupido osiris (Meigen, [1829])	[7].
Cupido argiades (Pallas, 1771)	[7]. р. Борова, 02.08.2020, 4 екз., 23.08.2020.
Cupido decolorata (Staudinger, 1886)	[7]. р. Борова, 12.07.2020, 50 екз. на лузі, 19.07.2020, десятки екз., 02.08.2020, 2 екз.

Продовження табл. 1

1	2
***Celastrina argiolus* (Linnaeus, 1758)**	**[7].** р. Борова, 17.07.2010, 3 екз., 12.07.2020, 3 екз., 19.07.2020, 2 екз., **м. Кремінна, 01.05.2021,** с. Червонопопівка, 20.04.2013, звичайний.
Scolitantides orion (Pallas, 1771)	[7].
Glaucopsyche alexis (Poda, 1761)	[7].
***Plebejus argus* (Linnaeus, 1758)**	**[7].** р. Борова, 17.07.2010, 2 екз.
Plebejus idas (Linnaeus, 1761)	[7].
Plebejus argyrognomon (Bergsträsser, 1779)	[7]. с. Голікове, 19.05.2013, 1 ♂, на лузі.
Aricia artaxerxes (Fabricius, 1793)	[7]. с. Голікове, 19.05.2013, 1 екз. на вологому лузі.
Eumedonia eumedon (Esper, [1780])	[7]. с. Червонопопівка, 19.05.2013, 2 екз.
Cyaniris semiargus (Rottemburg, 1775)	[7]. с. Голікове, 19.05.2013, 2 екз. на лузі.
Lysandra bellargus (Rottemburg, 1775)	[7].
Lysandra coridon (Poda, 1761)	[7].
***Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775)**	**[7].** р. Борова, 19.07.2008, 17.07.2010, 02.07.2020, 5 екз., 12.07.2020, 2 екз., 19.07.2020, 02.08.2020, 2 екз., 23.08.2020, с. Голікове, 19.05.2013.
Polyommatus daphnis ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[7]. Вказівка за 19.07.2008 з [7] також відноситься до р. Борової.
Satyrium w-album (Knoch, 1782)	[7].
Satyrium spini ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[7]. р. Борова, 28.06.2020, 02.07.2020, 10 екз.
Satyrium acaciae (Fabricius, 1787)	[7].
Callophrys rubi (Linnaeus, 1758)	[7]. ст. Бунчужний, 20.04.2013, поодинокі екз. в соснових насадженнях, звичайний на квітучій черемсі, 27.04.2013, десятки, переважно самці, там же.
Thecla betulae (Linnaeus, 1758)	[7]. р. Борова, 17.07.2010, 2 екз., 12.07.2020, 02.08.2020, 23.08.2020.
***Favonius quercus* (Linnaeus, 1758)**	**[7].**
Родина Nymphalidae	
Boloria dia (Linnaeus, 1767)	[7].
***Issoria lathonia* (Linnaeus, 1758)**	[7]. р. Борова, 19.07.2008, 17.07.2010, 28.06.2020, 02.07.2020, ст. Бунчужний, 20.04.2013, 27.04.2013, піски соснового лісу, **оз. Підпісочне, 18.06.2016.**
Argynnis paphia (Linnaeus, 1758)	[7]. р. Борова, 19.07.2008, 17.07.2010.
***Argynnis pandora* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	[7]. **оз. Підпісочне, 18.06.2016.**
***Apatura ilia* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	**[7].** Вказівки за 10.08.2008 та 17.07.2010 з [7] також відносяться до р. Борової.
Melitaea phoebe ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[7]. с. Червонопопівка й с. Голікове, 19.05.2013, 2 екз.
Melitaea didyma (Esper, 1778)	[7]. р. Борова, 10.08.2008, 12.07.2020, 19.07.2020, 5 екз.
Vanessa atalanta (Linnaeus, 1758)	[7]. р. Борова, 19.07.2008.
Vanessa cardui (Linnaeus, 1758)	[7].
Araschnia levana (Linnaeus, 1758)	[7]. с. Червонопопівка, 20.04.2013, звичайний.
Aglais io (Linnaeus, 1758)	[7].
***Nymphalis xanthomelas* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	**[7].** ст. Бунчужний і с. Червонопопівка, 20.04.2013, звичайний у березових гаях і заплавному лісі, стан політаний, у багатьох відсутні шматки крил, 27.04.2013, звичайні на квітучій черемсі, політані.
***Polygonia c-album* (Linnaeus, 1758)**	**[7].** р. Борова, 19.07.2008, **м. Кремінна, 01.05.2021, м. Рубіжне, 29.07.2009,** с. Червонопопівка, 20.04.2013.
***Coenonympha pamphilus* (Linnaeus, 1758)**	**[7].** р. Борова, 17.07.2010, 23.08.2020, ст. Бунчужний, 19.05.2013, звичайний на пісках, **оз. Підпісочне, 18.06.2016.**

Продовження табл. 1

1	2
***Coenonympha arcania* (Linnaeus, 1761)**	[7]. **оз. Підпісочне, 18.06.2016.**
Pararge aegeria (Linnaeus, 1758)	р. Борова, 19.07.2008, 17.07.2010, 19.07.2020, 02.08.2020, 23.08.2020.
Aphantopus hyperantus (Linnaeus, 1758)	[7].
***Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758)**	**[7].** р. Борова, 17.07.2010, 02.07.2020, 10 екз., 19.07.2020, 02.08.2020, 4 екз., 23.08.2020, **оз. Підпісочне, 18.06.2016**.
Hyponephele lupinus (Costa, [1836])	р. Борова, 02.08.2020, 1 екз. на лісовій дорозі.
Melanargia galathea (Linnaeus, 1758)	[7]. р. Борова, 02.07.2020, 10 екз., 12.07.2020, 3 екз., 19.07.2020.
Arethusana arethusa ([Denis & Schiffermüller], 1775)	Вказівки за 19.07.2020 та 02.08.2020 з [15] відносяться до р. Борової.
Родина Pyralidae	
Episcythrastis tetricella ([Denis & Schiffermüller], 1775)	ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, 1 екз. у березовому гаї.
Родина Crambidae	
Agriphila tristella ([Denis & Schiffermüller], 1775)	р. Борова, 23.08.2020, 20 екз.
Agriphila inquinatella ([Denis & Schiffermüller], 1775)	р. Борова, 23.08.2020.
Thisanotia chrysonuchella (Scopoli, 1763)	с. Голікове, 19.05.2013, 1 екз.
Pediasia luteella ([Denis & Schiffermüller], 1775)	Вказівка за 02.07.2020 з [15] відноситься до р. Борової.
Platytes alpinella (Hübner, [1813])	Вказівка за 23.08.2020 з [15] відноситься до р. Борової.
Elophila nymphaeata (Linnaeus, 1758)	с. Червонопопівка, 15.08.2010, 1 екз.
Cynaeda pustulalis (Hübner, [1823])	Вказівка за 02.07.2020 з [15] відноситься до р. Борової.
Evergestis frumentalis (Linnaeus, 1761)	ст. Бунчужний, 06.06.2011, звичайний, с. Червонопопівка, 06.06.2011.
Loxostege turbidalis (Treitschke, 1829)	Вказівка за 19.07.2020 з [15] відноситься до р. Борової.
Loxostege deliblatica Szent-Ivány & Uhrik-Mészáros, 1942	Вказівки за 12.07.2020 і 02.08.2020 з [15] відносяться до р. Борової.
Loxostege sticticalis (Linnaeus, 1761)	ст. Бунчужний, 15.08.2010, звичайний, 19.05.2013, звичайний, с. Червонопопівка, 15.08.2010, масовий, 19.05.2013, звичайний.
Pyrausta sanguinalis (Linnaeus, 1767)	Вказівки за 19.07.2020, 02.08.2020 та 23.08.2020 з [15] відносяться до р. Борової.
Pyrausta despicata (Scopoli, 1763)	Вказівка за 02.08.2020 з [15] відноситься до р. Борової. ст. Бунчужний, 29.04.2012, звичайний, с. Червонопопівка, 03.05.2011, 2 екз., 27.04.2013.
Uresiphita gilvata (Fabricius, 1794)	Вказівка за 02.08.2020 з [15] відноситься до р. Борової. ст. Бунчужний, 19.07.2009, 1 екз.
***Sitochroa verticalis* (Linnaeus, 1758)**	**оз. Підпісочне, 18.06.2016.**
Nomophila noctuella ([Denis & Schiffermüller], 1775)	Вказівка за 23.08.2020 з [15] відноситься до р. Борової.
Родина Geometridae	
Archiearis parthenias (Linnaeus, 1761)	[8]. ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 20.04.2013, 2 екз., 27.04.2013, 1 екз.
Siona lineata (Scopoli, 1763)	[8]. с. Червонопопівка, 06.06.2011, звичайний, 19.05.2013, 1 екз. на луці біля берегу р. Красна.
Petrophora chlorosata (Scopoli, 1763)	ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, поодинокі екз.
Cabera pusaria (Linnaeus, 1758)	Вказівка за 10.08.2008 з [8] відноситься до р. Борової. с. Червонопопівка–с. Голікове, 23.06.2012, 1 екз., 19.05.2013, 1 екз., заплавний ліс.

Продовження табл. 1

1	2
Ligdia adustata ([Denis & Schiffermüller], 1775)	с. Червонопопівка, 03.05.2011, 1 екз., 20.04.2013, 1 екз. біля р. Красна.
Narraga fasciolaria (Hufnagel, 1767)	ст. Бунчужний, 19.07.2009, 2 екз., 03.05.2011, 1 екз.
Heliomata glarearia ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[8]. с. Червонопопівка, 23.06.2012.
***Hypomecis punctinalis* (Scopoli, 1763)**	**с. Стара Краснянка, 05.06.2012.**
Hypomecis atomaria (Linnaeus, 1758)	с. Червонопопівка, 03.05.2011, 1 екз., 27.04.2013, 1 екз. біля р. Красна.
***Peribatodes rhomboidaria* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	**с. Стара Краснянка, 05.06.2012.**
Aethalura punctulata ([Denis & Schiffermüller], 1775)	ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, десятки, на стовбурах у березових гаях, 20.04.2013, 3 екз., у березових гаях, 27.04.2013, звичайний на екотоні заплавного лісу, де сидить на стовбурах і гілках різних листяних дерев, 1 екз. у березових гаях.
Ectropis crepuscularia ([Denis & Schiffermüller], 1775)	ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, 1 екз.
Lobophora halterata (Hufnagel, 1767)	ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, 7 екз., у березових гаях, 27.04.2013, численний, березові гаї.
***Philereme vetulata* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	**с. Стара Краснянка, 05.06.2012.**
Xanthorhoe biriviata (Borkhausen, 1794)	с. Червонопопівка, 29.04.2012, 1 екз., дорога уздовж заплавного лісу р. Красна.
Costaconvexa polygrammata (Borkhausen, 1794)	с. Червонопопівка, 03.05.2011, 1 екз., ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, 1 екз., у березовому гаю.
***Camptogramma bilineata* (Linnaeus, 1758)**	[8]. р. Борова, 02.07.2020, десятки, 19.07.2020, звичайний, 23.08.2020, **с. Стара Краснянка, 05.06.2012**, с. Червонопопівка, 06.06.2011, 1 екз.
Cyclophora albipunctata (Hufnagel, 1767)	ст. Бунчужний – с. Червонопопівка, 29.04.2012, 1 екз. у березовому гаю.
***Cyclophora annularia* (Fabricius, 1775)**	**с. Стара Краснянка, 05.06.2012.**
Lythria purpuraria (Linnaeus, 1758)	[8]. ст. Бунчужний, 03.05.2011, 3 екз., 20.04.2013, 2 екз.
Lythria cruentaria (Hufnagel, 1767)	р. Борова, 02.08.2020, 2 екз. у піщаному степу.
***Rhodostrophia vibicaria* (Clerck, 1759)**	**ст. Володине, 05.06.2012, 1 екз.**
Idaea sericeata (Hübner, [1813])	[8]. с. Червонопопівка, 06.06.2011, 1 екз.
Idaea ochrata (Scopoli, 1763)	с. Червонопопівка, 23.06.2012.
Idaea fuscovenosa (Goeze, 1781)	с. Червонопопівка, 23.06.2012, 1 екз.
Idaea dimidiata (Hufnagel, 1767)	Вказівка за 19.07.2008 з [8] відноситься до р. Борової.
Scopula immorata (Linnaeus, 1758)	с. Голікове, 06.06.2011, 1 екз., луки, 19.05.2013, там же.
Scopula ornata (Scopoli, 1763)	[8].
Scopula decorata ([Denis & Schiffermüller], 1775)	Вказівка за 17.07.2010 з [8] відноситься до р. Борової. р. Борова, 23.08.2020, 2 екз.
Scopula marginepunctata (Goeze, 1781)	[8].
Родина Erebidae	
***Hypena proboscidalis* (Linnaeus, 1758)**	**[11].**
Arctia aulica (Linnaeus, 1758)	[13].
***Arctia caja* (Linnaeus, 1758)**	**[12].**
Arctia villica (Linnaeus, 1758)	с. Червонопопівка, 06.06.2010, 1 екз., 06.06.2011, 1 екз.
Euplagia quadripunctaria (Poda, 1761)	р. Борова, 10.08.2008, 1 екз., 17.07.2010, 19.07.2020, с. Червонопопівка, 18.07.2010, 1 екз.

Продовження табл. 1

1	2
***Miltochrista miniata* (Forster, 1771)**	**[13]. с. Стара Краснянка, 05.06.2012.**
***Syntomis phegea* (Linnaeus, 1758)**	**[12].**
***Paracolax tristalis* (Fabricius, 1794)**	р. Борова, 10.08.2008, 1 екз., **м. Рубіжне, 29.07.2009, 1 екз.**
***Laspeyria flexula* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	**ст. Володине, 05.06.2012, 1 екз.**
Eublemma minutata (Fabricius, 1794)	р. Борова, 19.07.2008, 28.06.2020, 23.08.2020, всюди на пісках, ст. Бунчужний, 19.07.2009.
Euclidia glyphica (Linnaeus, 1758)	р. Борова, 17.07.2010, с. Червонопопівка, 29.04.2012, 23.06.2012.
***Catocala nupta* (Linnaeus, 1767)**	**[11].**
Catocala puerpera (Giorna, 1791)	18.07.2010, 1 екз., 15.08.2010, 1 екз.
Catocala sponsa (Linnaeus, 1767)	[10, 11, 14].
Родина Noctuidae	
Acontia lucida (Hufnagel, 1766)	с. Червонопопівка, 06.06.2010, 1 екз.
Deltote bankiana (Fabricius, 1775)	с. Червонопопівка, 06.06.2010, 1 екз.
Macdunnoughia confusa (Stephens, 1850)	с. Голікове, 19.05.2013, 1 екз., с. Красноріченське, 16.07.2011.
Autographa gamma (Linnaeus, 1758)	р. Борова, 19.07.2020, 23.08.2020, с. Червонопопівка, 18.07.2010.
Oxicesta geographica (Fabricius, 1787)	с. Червонопопівка, 06.06.2010, гусінь на молочаї
Acronicta rumicis (Linnaeus, 1758)	с. Червонопопівка, 23.06.2012, 1 гусінь.
Acronicta leporina (Linnaeus, 1758)	[9].
Amphipyra pyramidea (Linnaeus, 1758)	р. Борова, 19.07.2008, 3 екз. під корою сухого дерева.
Cucullia tanaceti ([Denis & Schiffermüller], 1775)	р. Борова, 12.07.2020, 1 гусінь на *Artemisia absinthium*, 02.08.2020, ще 1 гусінь на тому ж *Artemisia absinthium*.
Cucullia lychnitis Rambur, 1833	[11].
Calophasia opalina (Esper, 1794)	[13].
Protoschinia scutosa ([Denis & Schiffermüller], 1775)	ст. Бунчужний, 19.07.2009, с. Червонопопівка, 06.06.2010, 1 екз., 18.07.2010, 1 екз.
Heliothis sp. ([Denis & Schiffermüller], 1775)	с. Червонопопівка, 06.06.2010.
Helicoverpa armigera (Hübner, [1808])	р. Борова, 19.07.2020, 02.08.2020, 23.08.2020, 5 екз., с. Голікове, 19.05.2013, 3 екз., с. Червонопопівка, 15.08.2010, 1 екз.
Eupsilia transversa (Hufnagel, 1766)	с. Голікове, 1 гусінь на дорозі уздовж р. Красна.
Calamia tridens (Hufnagel, 1766)	р. Борова, 19.07.2020, 1 екз. на лузі.
***Panolis flammea* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	**[4].**
Mythimna conigera ([Denis & Schiffermüller], 1775)	р. Борова, 12.07.2020, 1 екз. на лузі, 19.07.2020, там же.
Agrotis vestigialis (Hufnagel, 1766)	[9].
Dichagyris signifera ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[9].
Chersotis rectangula ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[9].
Noctua orbona (Hufnagel, 1766)	[9].
***Spaelotis ravida* ([Denis & Schiffermüller], 1775)**	[9]. **м. Рубіжне, 29.07.2009, звичайний під корою сухих дерев.**
Xestia ditrapezium ([Denis & Schiffermüller], 1775)	[9].
Родина Lasiocampidae	
Lasiocampa trifolii ([Denis & Schiffermüller], 1775)	ст. Бунчужний, 19.05.2013, 1 гусінь на злаковому листі біля зупинки.
Macrothylacia rubi (Linnaeus, 1758)	ст. Бунчужний, 23.06.2012, кладка яєць на гілці у березовому гаї.
Родина Sphingidae	
Smerinthus ocellata (Linnaeus, 1758)	р. Борова, 23.08.2020, 1 гусінь на кущі верби.
***Sphinx pinastri* Linnaeus, 1758**	**ст. Володине, 05.06.2012, 1 екз.**

Рис. 7. ***Phyllocnistis valentinensis*, новий вид для Луганщини з Парку (зліва),** вище з правого боку – *Phyllonorycter roboris*.

До списку не потрапили дані І.Г. Сєвєрова з м. Рубіжне по родинах із нічною активністю видів, окрім тих, де вказано більш конкретне місцезнаходження на околицях міста. Незважаючи на те, що м. Рубіжне з усіх боків оточене Лісовим масивом, більшість цих видів зібрані методом приваблювання на світло в точці на території міста. Це 1 вид вогнівок і 5 видів крамбід [17], 70 видів п'ядунів [8], 248 видів ноктуоїдних лускокрилих: 1 вид чубаток, 34 еребіди, 3 ноліди і 210 нічниць [10–13, 19], 1 вид коконопрядів [18] і 2 види бражників [10], загалом 327 видів. Інформацію по цих видах ми не вносили до списку і поки розглядаємо їх у статусі найбільш вірогідних для Лісового масиву.

Висновки. За результатами дослідження були доповнені відомості про поширення й екологію лускокрилих Лісового масиву. Створено систематичний список, який з урахуванням літературних джерел і нових знахідок, налічує 185 видів лускокрилих. Із них безпосередньо на території Парку зареєстровано 41 вид, що зумовлено короткочасністю досліджень на його території. Вид *Phyllocnistis valentinensis* виявився новим не лише для Парку та Лісового масиву, а й для Луганської обл. загалом. Для виду *Adscita statices* це перша достовірно підтверджена вказівка з території Луганської обл., до цього вид наводився як сумнівний (через «Літопис природи ЛПЗ» як єдине першоджерело та неможливість визначення групи зелених строкаток лише за зовнішніми ознаками без аналізу будови генітального апарату) для Стрільцівського степу [20].

Незважаючи на проведені дослідження, стан вивчення лускокрилих Лісового масиву все ще залишається низьким. Потенційні показники різноманіття лепідоптерофауни в рази вищі. Для збільшення числа видів найменш вивчених нічних лускокрилих необхідно використовувати спеціальні методи збору, такі як приманювання метеликів на світло. Окрім цього, необхідно збільшення як часу зборів упродовж всього теплого сезону, так і пунктів збору з охопленням різних біотопів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про створення національного природного парку «Сіверсько-Донецький»: Указ Президента України від 11 грудня 2009 р. № 1040/2009. URL: https://www.president.gov.ua/documents/10402009-9791.

2. Про створення національного природного парку «Кремінські ліси»: Указ Президента України від 10 вересня 2019 р. № 678/2019. URL: https://www.president.gov.ua/documents/6782019-29553.

3. Шевченко Д.Ю. Флористичне біорізноманіття Кремінського лісового масиву. Інтродукція рослин. 2005. № 2. С. 3–9. URL: http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001036886.

4. Руднєв Д.Ф. Методи обслідування й обліку зараженості лісів сосновою нічницею *Panolis flammea* Schiff. Збірник праць Сектору екології наземних тварин. 1935. Т. 2. С. 57–134.

5. Бідний В.Д. Вплив температур на зимівлю пагонів у Придонецьких борах Луганської області. Зоологічний журнал. 1965. Т. 44. Вип. 3. С. 459–461.

6. Kavurka V.V., Demyanenko S.O., Budashkin Yu.I. The checklist of tortricid moths (Lepidoptera: Tortricidae) of Luhansk region of Ukraine. The Kharkov Entomological Society Gazette. 2021. Vol. 29. No 2. P. 10–30. DOI: 10.36016/KhESG-2021-29-2-2.

7. Дем'яненко С.А., Геряк Ю.Н. Сучасний стан фауни булавоусих лускокрилих (Lepidoptera, Rhopalocera) Луганської області України. Науковий вісник Ужгородського університету. Біологія. 2012. Вип. 33. С. 90–104. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvuu_2012_33_17.

8. Дем'яненко С.А., Северов І.Г., Костюк І.Ю. До фауни п'ядениць (Lepidoptera, Geometridae) Луганської області. Збірник наукових праць Луганського природного заповідника. Луганськ, 2011. С. 111–129.

9. Ключко З.Ф., Плющ І.Г., Шешурак П.Н. Анотований каталог совок (Lepidoptera, Noctuidae) фауни України. Київ: Ін-т зоології НАН України, 2001. 884 с.

10. Ключко З.Ф., Сєвєров І.Г. Нові місцезнаходження рідкісних видів лускокрилих (Lepidoptera: Endromidae, Sphingidae, Noctuidae, Arctiidae) в Україні. Заповідна справа в Україні. 2006. Т. 12. Вип. 2. С. 67–69. URL: http://aetos.kiev.ua/zsu/zsu12-2/zsu12-2-14.pdf.

11. Ключко З.Ф., Матов А.Ю., Северов І.Г. До фауни совок (Lepidoptera: Noctuidae s. l.) Луганської області (Україна). Еверсманія. 2006. Вип. 5. С. 24–35.

12. Нові, маловідомі та рідкісні види Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) степової зони України / Ю.М. Геряк та ін. Науковий вісник Ужгородського університету. Біологія. 2012. Вип. 32. С. 65–87. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/2293.

13. Геряк Ю.М., Дем'яненко С.О., Коновалов С.В., Мартинов В.В. До вивчення ноктуоїдних лускокрилих (Lepidoptera: Noctuoidea) Донбасу. Наукові основи збереження біотичної різноманітності. 2015. Т. 6(13). № 1. С. 205–234. URL: https://ecoinst.org.ua/html/201513pdf/ts1.pdf.

14. Нові знахідки павукоподібних (Arachnida), багатоніжок (Myriapoda) та комах (Insecta), занесених до Червоної книги України / В.В. Кавурка та ін. Тваринний світ. Conservation Biology in Ukraine. Київ, 2018. Т. 1. Вип. 7. С. 276–302. URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2019/05/materialy-chku-tvarUNCG71.pdf.

15. Demyanenko S.O., Bidzilya O.V., Karolinskiy E.A. New records of Lepidoptera (Insecta) of Severodonetsk (Luhansk Region, Ukraine) and its environs. The Kharkov Entomological Society Gazette. 2021. Vol. 29. No 1. P. 20–52. DOI: 10.36016/KhESG-2021-29-1-3.

16. Lepiforum. Bestimmung von Schmetterlingen und ihren Präimaginalstadien. URL: https://lepiforum.org/wiki

17. Пак О.В., Ярошенко Н.Н. Додаток до матеріалів фауни вогнівок (Lepidoptera: Pyraloidea) південного сходу України. Біорізноманіття природних та техногенних біотопів України: матеріали всеукр. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених. Донецьк, 2001. Ч. 2. С. 146–152.

18. Демьяненко С.А. До фауни Lasiocampoidea і Bombycoidea (Insecta, Lepidoptera) Луганскої області. Динаміка біорізноманіття 2012: зб. наук. пр. / за ред. І. Загороднюка. Луганськ: Вид-во ЛНУ ім. Тараса Шевченка, 2012. С. 212–215. URL: http://terioshkola.org.ua/library/conf2012-biodiv/DBD2012-Dynamics_of_Biodiversity-all.pdf.

19. Ключко З.Ф., Матов О.Ю. Нові та маловідомі види совок (Lepidoptera, Noctuidae) фауни України. Вісник зоології. 2007. Т. 41. № 2. 186 с.

20. Безхребетні Луганського природного заповідника / Л.П. Боровик та ін. Львів; Торунь: Ліга-Прес, 2024. 526 с. URL: http://catalog.liha-pres.eu/index.php/liha-pres/catalog/view/338/10041/22646-1.

REFERENCES

1. Pro stvorennia natsionalnoho pryrodnoho parku «Siversko-Donetskyi»: Ukaz Prezydenta Ukrainy №1040/2009 vid 11.12.2009 roku [On the creation of the Siversko-Donetskyi National Nature Park: Decree of the President of Ukraine No. 1040/2009 of 11.12.2009]. Available at: https://www.president.gov.ua/documents/10402009-9791

2. Pro stvorennia natsionalnoho pryrodnoho parku "Kreminski lisy": Ukaz Prezydenta Ukrainy №678/2019 vid 10.09.2019 roku [On the creation of the Siversko-Donetskyi National Nature Park: Decree of the President of Ukraine No. 678/2019 of 10.09.2019]. Available at: https://www.president.gov.ua/documents/6782019-29553

3. Shevchenko, D.Yu. (2005). Florystychne bioriznomanittia Kreminskoho lisovoho masyvu [The floristic diversity of Kreminian forest massive]. Introduktsiia roslyn [Plant introduction]. Vol. 2, pp. 3–9. Available at: http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001036886.

4. Rudnev, D.F. (1935). Metody obsliduvannia y obliku zarazhenosti lisiv sosnovoiu nichnytseiu *Panolis flammea* Schiff. [Methods of surveying and recording forest infestation by pine noctuid moth *Panolis flammea* Schiff.]. Zbirnyk prats Sektoru ekolohii nazemnykh tvaryn [Collection of papers of the Terrestrial Animal Ecology Sector]. Vol. 2, pp. 57–134.

5. Bednyi, V.D. (1965). Vplyv temperatur na zymivlju pagoniv u Prydonec'kyh borah Lugans'koi' oblasti [Influence of temperature on hibernation of pine shoot moths in Donets pine forests of Luhansk Region]. Zoologichnyj zhurnal [Zoological Journal]. Vol. 44(3), pp. 459–461.

6. Kavurka, V.V., Demyanenko, S. O., Budashkin, Yu. I. (2021). The checklist of tortricid moths (Lepidoptera: Tortricidae) of Luhansk region of Ukraine. The Kharkov Entomological Society Gazette. Vol. 30(2), pp. 10–30. DOI: 10.36016/KhESG-2021-29-2-2.

7. Demyanenko, S.A., Geryak, Yu.N. (2012). Suchasnyj stan fauny bulavousyh luskokrylyh (Lepidoptera, Rhopalocera) Lugans'koi' oblasti Ukrai'ny [The current state of the butterflies (Lepidoptera, Rhopalocera) fauna of the Lugansk region of Ukraine]. Naukovyj visnyk Uzhgorods'kogo universytetu. Biologija [Scientific Bulletin of the Uzhgorod University. Biology]. Vol. 33, pp. 90–104.

8. Demyanenko, S.A., Severov, I.G., Kostjuk, I.Yu. (2011). Do fauny pyadenits (Lepidoptera, Geometridae) Luganskoy oblasti [On the fauna of geometrid moths (Lepidoptera, Geometridae) of the Lugansk region]. Zbirnyk naukovykh prats Luhanskoho pryrodnoho zapovidnyka – 2011 [Collection of Scientific Labours of the Luhansk Nature Reserve – 2011]. Luhansk, pp. 111–129.

9. Klyuchko, Z.F., Pljushtch, I.G., Sheshurak, P.N. (2001). Annotirovannyy katalog sovok (Lepidoptera, Noctuidae) fauny Ukrainy [Annotated catalog of owlet moths (Lepidoptera, Noctuidae) of the fauna of Ukraine]. Kyiv, Institute of Zoology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 884 p.

10. Klyuchko, Z.F., Severov, I.G. (2006). Novi mistseznakhodzhennia ridkisnykh vydiv luskokrylykh (Lepidoptera: Endromidae, Sphingidae, Noctuidae, Arctiidae) v Ukraini [New locations of rare species of moths (Lepidoptera: Endromidae, Sphingidae, Noctuidae, Arctiidae) in Ukraine]. Zapovidna sprava v Ukraini [Nature Reserves in Ukraine]. Vol. 12(2), pp. 67–69.

11. Klyuchko, Z.F., Matov, A.Yu., Severov, I.G. (2006). Do fauny sovok (Lepidoptera: Noctuidae s. l.) Luganskoy oblasti (Ukraina) [On the fauna of noctuids (Lepidoptera: Noctuidae s. l.) of Lugansk Area (Ukraine)]. Eversmannia [Eversmannia]. Vol. 5, pp. 24–35.

12. Geryak, Yu.M., Demyanenko, S.A., Zhakov, A.V., Kovalev, I.V., Kozlov, S.M., Konovalov, S.V., Mushynskii, V.G., Severov, I.G. (2012). Novi, malovidomi ta ridkisni vydy Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) stepovoi zony Ukrainy [New, little known and rare species of Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) for the steppe zone of Ukraine]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Biolohiia [Scientific Bulletin of the Uzhgorod University. Biology]. Vol. 32, pp. 65–87.

13. Geryak, Yu.M., Demyanenko, S.A., Konovalov, S.V., Martynov, V.V. (2015). Do vyvchennia noktuoidnykh luskokrylykh (Lepidoptera: Noctuoidea) Donbasu [Contribution to the knowledge of the noctuoid-moth fauna (Lepidoptera: Noctuoidea) of Donbas]. Naukovi osnovy zberezhennia biotychnoi riznomanitnosti [Scientific Principles of Biodiversity Conservation]. Vol. 6(1), pp. 205–234.

14. Kavurka, V.V., Geryak, Yu.M., Demyanenko, S.A., Zaika, M.I., Nazarov, N.V., Popov, G.V., Prohorov, O.V., Novitskiy, S.M. (2018). Novi znakhidky pavukopodibnykh (Arachnida), bahatonizhok (Myriapoda) ta komakh (Insecta), zanesenykh do Chervonoi Knyhy Ukrainy [A new records of Arachnida, Myriapoda and Insecta from Red Book of Ukraine]. Tvarynnyi svit [Animal world]. Conservation Biology in Ukraine. Kyiv, Vol. 1, Issue 7, pp. 276–302.

15. Demyanenko, S.O., Bidzilya, O.V., Karolinskiy, E.A. (2021). New records of Lepidoptera (Insecta) of Severodonetsk (Luhansk Region, Ukraine) and its environs. The Kharkov Entomological Society Gazette. Vol. 29(1), pp. 20–52. DOI: 10.36016/KhESG-2021-29-1-3.

16. Lepiforum. Bestimmung von Schmetterlingen und ihren Präimaginalstadien. Available at: https://lepiforum.org/wiki

17. Pak, O.V., Yaroshenko, N.N. (2001). Dodatok do materialiv fauny vognivok (Lepidoptera: Pyraloidea) pivdennogo shodu Ukrai'ny [Addition to the materials on the pyraloid fauna (Lepidoptera: Pyraloidea) of South-Eastern Ukraine]. Bioriznomanittja pryrodnyh ta tehnogennyh biotopiv Ukrai'ny: materialy vseukr. konf. studentiv, aspirantiv ta molodyh vchenyh [Biodiversity of natural and man-made biotopes of Ukraine: materials of the All-Ukrainian conference of students, postgraduates and young scientists]. Donetsk, Donetsk National University, Part 2, pp. 146–152.

18. Demyanenko, S. (2012). Do fauny Lasiocampoidea i Bombycoidea (Insecta, Lepidoptera) Luganskoi' oblasti [On the fauna of Lasiocampoidea and Bombycoidea (Insecta, Lepidoptera) of the Lugansk Region]. Dynamika bioriznomanittia 2012 [Dynamics of Biodiversity 2012]. Luhansk, Taras Shevchenko National University of Luhansk, pp. 212–215.

19. Klyuchko, Z.F., Matov, A.Yu. (2007). Novi ta malovidomi vydy sovok (Lepidoptera, Noctuidae) fauny Ukrai'ny [New and little-known Noctuidae (Lepidoptera) from Ukraine]. Visnyk zoolohii [Bulletin of Zoology]. Vol. 41(2), 186 p.

20. Borovyk, L.P., Glotov, S.V., Geryak, Yu.M., Gouz, G.V., Demyanenko, S.O., Drohvalenko, O.M., Polchaninova, N.Yu, Bondarev, V.Yu. (2024). Bezkhrebetni Luhanskoho pryrodnoho zapovidnyka [Invertebrates of the Luhansk nature reserve]. Lviv-Torun, Liha-Pres, 526 p. Available at: http://catalog.liha-pres.eu/index.php/liha-pres/catalog/view/338/10041/22646-1.

On the fauna of Lepidoptera (Insecta) of the Kreminna forests (Luhansk Region, Ukraine)

Demyanenko S., Glotov S., Zayachuk V., Horbenko N., Chemerys I., Kliuchka S., Tkachuk O.

The article reviews information on the fauna of the Lepidoptera of the Kreminski Forests (further in the text as «Forest massif»), the largest continuous forest massif in Luhansk region, and the National Nature Park of the same name «Kreminski Forests» (further in the text as «Park»), which constitutes its protected part.

The aim of the study was to compile a unified list of Lepidoptera of the Forest massif and directly the Park, taking into account literary sources and own collections from 2009 to 2021 in 11 locations.

As a result, a systematic list of 185 species of Lepidoptera species, recorded in the forest massif and specifically within the Park, based on both literature sources and the authors' own collections gathered from 2009 to 2021 at 11 locations. As a result, a systematic list of 185 Lepidoptera species recorded in the forest massif was compiled for the first time,

including 41 species directly documented within the Park territory. For each species, information is provided regarding its occurrence in the studied area, including literature references and, for newly recorded findings, the locality name, a brief description of the biotope, date, and number of specimens.

The species *Phyllocnistis valentinensis* Hering, 1936 (family Gracillariidae) was recorede not only for the first time in the Park and the forest massif, but also for the entire Luhansk region. This small species of leaf-mining moths is trophically associated with willows (*Salix fragilis, S.alba, S.triandra*), whose leaves are mined by the caterpillar, forming a long, narrow epidermal corridor.

The species *Adscita statices* (Linnaeus, 1758) (family Zygaenidae) was confirmed for the first time in Luhansk region based on actual collected material (previously, it has been considered doubtful for the region according to the "Chronicles of Nature" data). This species is fairly common, but is almost impossible to identify reliably by the external appearance of the imago alone.

The Lepidoptera fauna of the forest massif is rich and diverse, but remains insufficiently studied, especially regarding nocturnal species and microlepidoptera. The ctual number of species inhabiting these forests is likely much higher and requires further investigation. In addition to expanding the geographical scope and frequency of monitoring, future research should employ the highly effective light-trapping method for collecting Lepidoptera.

Key words: biodiversity, «Kreminski forests», butterflies, moths, Lepidoptera, national nature park, floodplain forests, pine plantations, forestry and ecological factors, forest stand composition, sanitary condition.

Copyright: Дем'яненко С.О. 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:
Дем'яненко С.О. https://orcid.org/0000-0002-7915-2546
Глотов С.В. https://orcid.org/0000-0003-3986-0844
Заячук В.Я. https://orcid.org/0000-0002-0342-2482
Горбенко Н.Є. https://orcid.org/0000-0002-6053-6582
Чемерис І.А. https://orcid.org/0000-0002-0664-8508
Ключка С.І. https://orcid.org/0000-0001-5702-6840
Ткачук О.М. https://orcid.org/0000-0002-7569-0523

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.475:581.4:712.4(477.46)

Комплексна морфометрична та адаптивна оцінка придатності культиварів *Thuja plicata* Donn ex D.Don для озеленення Правобережного Лісостепу України

Іващенко І.Є., Вітенко В.А., Мамчур В.В., Коваль С.А.

Уманський національний університет

Іващенко І.Є. E-mail: ivashchenko_iy@ukr.net

Іващенко І.Є., Вітенко В.А., Мамчур В.В., Коваль С.А. Комплексна морфометрична та адаптивна оцінка придатності культиварів *Thuja plicata* Donn ex D.Don для озеленення Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 278–285.

Ivashchenko I., Vitenko V., Mamchur V., Koval S. Comprehensive morphometric and adaptive assessment of the suitability of *Thuja plicata* Donn ex D.Don cultivars for landscaping the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2026. no. 1, pp. 278–285.

Рукопис отримано: 03.03.2026 р.
Прийнято: 18.03.2026 р.
Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-278-285

ISSN 2310-9270

У сучасному міському озелененні зростає значення використання інтродукованих деревних видів і їх культиварів, що характеризуються високою декоративністю та здатністю адаптуватися до урбанізованих умов. Серед хвойних рослин важливе місце займає *Thuja plicata* Donn ex D. Don, яка вирізняється інтенсивним ростом, тіньовитривалістю та декоративністю протягом усього року.

Метою дослідження було здійснення морфометричної оцінки культиварів *T. plicata* в умовах Правобережного Лісостепу України та визначення рівня їх мінливості як показника адаптаційного потенціалу. Дослідження проведено у 2025 році. Об'єктами дослідження були культивари 'Atrovirens', 'Gelderland', 'Kornik' та 'Zebrina'. Визначали основні морфометричні показники рослин, зокрема висоту, діаметр крони та річний приріст пагонів. Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням показників середнього значення, стандартного відхилення та коефіцієнта варіації. Для комплексного оцінювання перспективності культиварів застосовано інтегральний показник придатності, що враховує морфометричні, адаптаційні, декоративні та фітосанітарні характеристики рослин.

Результати дослідження показали, що найбільш інтенсивним ростом характеризувався культивар 'Gelderland', тимчасом найменшу висоту рослин зафіксовано у 'Kornik'. Коефіцієнт варіації за показником висоти становив 6,1–8,1 %, що свідчить про низький рівень мінливості та стабільність ростових процесів. За результатами інтегральної оцінки найвищий рівень придатності для умов регіону встановлено у культивара 'Atrovirens'. Культивари 'Gelderland', 'Kornik' та 'Zebrina' також продемонстрували високі показники адаптивності та декоративної цінності.

Отримані результати підтверджують перспективність використання досліджуваних культиварів *Thuja plicata* у зеленому будівництві Правобережного Лісостепу України та можуть бути використані для науково обґрунтованого добору декоративних хвойних рослин для урбанізованих екосистем.

Ключові слова: *Thuja plicata*, культивари, інтродукція, морфометричні показники, варіабельність ознак, адаптивний потенціал, Правобережний Лісостеп, озеленення.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Актуальність морфометричної оцінки культиварів хвойних порід обумовлена їхнім широким застосуванням у сучасному озелененні, де естетична привабливість поєднується з екологічними функціями [1, 16]. В умовах кліматичних змін зростає необхідність оцінювання адаптивного потенціалу інтродуцентів [9, 17].

Сучасні генетичні дослідження підтверджують високий адаптивний потенціал *T. plicata* за межами природного ареалу. Зокрема, у штучних насадженнях Великої Британії [18] встановлено збереження генетичної різноманітності між поколіннями, що узгоджується з даними про відсутність суттєвого зниження генетичної варіабельності в умовах інтродукції [7].

Дослідження морфологічної пластичності гілок і хвої у природних насадженнях показали залежність ростових параметрів від екологічних чинників [19, 20], а аналіз патологічних систем виду підтверджує важливість урахування фітосанітарного стану під час оцінювання перспективності культиварів [21, 22]. Біохімічні та таксономічні дослідження представників роду *Thuja* свідчать про значну внутрішньовидову диференціацію, що може корелювати з адаптаційними особливостями [8, 16, 17].

Досліджуючи адаптивні можливості *T. plicata* в умовах кліматичних змін Центральної Європи, визначено відносну толерантність виду до посушливих періодів [9]. Регіональні дослідження в умовах Правобережного Лісостепу України підтверджують суттєвий вплив кліматичних факторів на сезонну динаміку росту інтродуцентів [13]. Водночас морфометрична оцінка культиварів залишається недостатньо дослідженою.

Оглядові публікації щодо використання хвойних форм у ландшафтному будівництві підкреслюють необхідність кількісної оцінки декоративних та адаптаційних характеристик [1, 2, 3, 23]. Дослідження декоративних форм *T. occidentalis* демонструють значну варіабельність морфологічних показників залежно від умов освітлення [14, 15], що обґрунтовує доцільність аналогічних підходів до оцінювання культиварів *T. plicata*.

Отже, сукупність сучасних досліджень демонструє недостатнє вивчення та оцінювання ростових характеристик культиварів *T. plicata*, що створює необхідність комплексного морфометричного аналізу з використанням сучасних статистичних підходів для оцінювання варіабельності, достовірності відмінностей і адаптивності в умовах конкретного регіону [7, 9, 16, 18].

Мета дослідження – здійснити морфометричну оцінку культиварів *T. plicata* в умовах Правобережного Лісостепу України, визначити рівень їх ростової мінливості та адаптивного потенціалу за допомогою комплексної оцінки їх ростових показників та статистичного аналізу мінливості кількісних ознак.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

- визначити основні морфометричні показники (висота, діаметр крони, річний приріст);
- оцінити варіабельність досліджуваних ознак;
- порівняти морфометричні показники досліджуваних культиварів;
- визначити перспективність використання досліджуваних культиварів у зеленому будівництві регіону досліджень.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено у 2025 р. на рослинах, що культивують на території приватних садиб та декоративних розсадників у межах Правобережного Лісостепу України. Регіон характеризується помірно континентальним кліматом із середньорічною температурою повітря +8,9 °C та середньорічною сумою опадів 520–560 мм. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами типовими середньогумусними.

Об'єктами дослідження були культивари *T. plicata*: 'Atrovirens', 'Gelderland', 'Kornik', 'Zebrina', інтродуковані в регіоні та використані в озелененні. Дослідження проводили методом вибіркових обліків. Для кожного культивара було відібрано по 10 типових модельних дерев (n = 10). Вік рослин – 8–10 років. Розміщення рослин рівномірне, умови освітлення – повне сонячне або легке притінення. Вимірювання проводили у фазу завершення активного росту (серпень–вересень).

Для оцінювання ростових показників визначали такі кількісні ознаки:

- висота рослин (H, м) – за допомогою мірної стрічки;
- діаметр крони (D, м) – вимірюванням у двох взаємно перпендикулярних напрямках із подальшим обчисленням середнього значення;
- річний приріст пагонів (см) – за довжиною приросту верхівкового пагона поточного року.

Статистичну обробку здійснювали за загальноприйнятими методиками варіаційної статистики. Обчислювали середнє арифме-

тичне значення (M); стандартну похибку середнього (m); середньоквадратичне відхилення (σ); коефіцієнт варіації (V, %); мінімальне та максимальне значення ознаки (min–max).

Середнє арифметичне визначали за формулою:

$$M = \Sigma x_i / n.$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{(\Sigma(xi - M)^2 / n)}.$$

Стандартну похибку середнього:

$$m = \sigma / \sqrt{n}.$$

Коефіцієнт варіації:

$$V = (\sigma / M) \times 100\ \%.$$

Рівень мінливості оцінювали за шкалою: до 10 % – низька; 11–20 % – середня; понад 20 % – висока варіабельність.

Для порівняння морфометричних показників між культиварами використовували описові статистичні методи варіаційної статистики.

Статистичну обробку результатів виконували з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel та пакету Statistica 10.0.

Для об'єктивної комплексної оцінки культиварів застосовували інтегральний показник придатності (ІПП), який узагальнює морфометричні та адаптаційні характеристики рослин:

$$ІПП=(М\times0,4)+(А\times0,3)+(Д\times0,2)+(Ф\times0,1),$$

де М – середній бал морфометричних показників;
А – середній бал адаптаційних властивостей;
Д – середній бал декоративних ознак;
Ф – середній бал фітосанітарного стану;
0,4; 0,3; 0,2; 0,1 – вагові коефіцієнти значущості показників.

Кожен показник оцінювали за 5-бальною шкалою, де: 5 – висока відповідність оптимальним параметрам; 4 – показники близькі до оптимальних; 3 – середній рівень; 2 – нижче середнього;1 – низький рівень (табл. 1).

Застосування інтегрального показника дозволяє: зменшити суб'єктивність оцінювання; поєднати морфометричну стабільність та адаптаційні реакції в єдину систему; обґрунтовано порівнювати культивари між собою; формувати науково підтверджені рекомендації для зеленого будівництва Правобережного Лісостепу України.

Оцінювання адаптаційних, декоративних та фітосанітарних характеристик здійснювали експертним методом на основі польових спостережень за станом рослин.

Результати дослідження та обговорення. Під час дослідження проведено комплексну морфометричну оцінку культиварів *T. plicata* в умовах Правобережного Лісостепу України. Визначили основні біометричні показники, що характеризують інтенсивність росту та архітектоніку крони рослин, зокрема висоту, діаметр крони та середній річний приріст пагонів. Аналіз здійснювали на основі багаторазових вимірювань із подальшою статистичною обробкою результатів. Для наочного порівняння морфологічних особливостей досліджуваних культиварів *Thuja plicata* наведено їх загальний вигляд у насадженнях (рис. 1).

Аналіз морфометричних параметрів дозволяє об'єктивно оцінити ростові особливості культиварів, їх стабільність у конкретних природно-кліматичних умовах та перспективність використання в системі озеленення регіону. Отримані середні значення показників та показники їх варіабельності наведено в таблиці 2.

Аналіз морфометричних показників культиварів *T. plicata* показав, що найвищими показниками висоти характеризувалася форма 'Gelderland' (3,62 ± 0,09 м), тимчасом найменші значення зафіксовано у 'Kornik' (2,85 ± 0,06 м). Коефіцієнт варіації за показником висоти знаходився в межах 6,1–8,1 %, що свідчить про низький рівень мінливості досліджуваних форм. За показником річного приросту найбільш інтенсивний ріст відмічено у 'Gelderland' (31,2 ± 1,5 см).

Таблиця 1 – **Шкала оцінювання інтегрального показника придатності (ІПП)**

ІПП (бали)	ІПП (%)	Рівень придатності	Рекомендації
4,5–5,0	90–100	Дуже високий	Рекомендовано для широкого впровадження
4,0–4,4	80–89	Високий	Перспективні для озеленення
3,0–3,9	60–79	Середній	Обмежене використання
< 3,0	< 60	Низький	Не рекомендовано

а *б* *в* *г*

Рис. 1. **Загальний вигляд культиварів *T. plicata*, що використовували у дослідженні: *а – ‘Atrovirens’; б – ‘Gelderland’; в – ‘Kornik’; г – ‘Zebrina’.***

Таблиця 2 – **Морфометричні показники культиварів *T. plicata* в умовах Правобережного Лісостепу України** (n = 10)

Культивар	Висота, м (M ± m)	σ	V, %	Діаметр крони, м (M ± m)	σ	V, %	Річний приріст, см (M ± m)	V, %
‘Atrovirens’	3,45 ± 0,07	0,21	6,1	1,42 ± 0,05	0,16	11,3	28,4 ± 1,2	13,5
‘Gelderland’	3,62 ± 0,09	0,28	7,7	1,55 ± 0,06	0,18	11,6	31,2 ± 1,5	14,8
‘Kornik’	2,85 ± 0,06	0,19	6,7	1,30 ± 0,04	0,13	10,0	22,6 ± 1,0	12,9
‘Zebrina’	3,10 ± 0,08	0,25	8,1	1,48 ± 0,05	0,17	11,5	26,9 ± 1,3	14,2

На основі проведеної морфометричної оцінки та аналізу адаптаційних реакцій культиварів *T. plicata* ‘Atrovirens’, ‘Gelderland’, ‘Kornik’ та ‘Zebrina’ визначено інтегральні показники придатності (ІПП) для умов Правобережного Лісостепу України (табл. 3). Оцінювання здійснювали за 5-бальною шкалою з урахуванням вагових коефіцієнтів: морфометричні показники – 0,4; адаптаційні властивості – 0,3; декоративні ознаки – 0,2; фітосанітарний стан – 0,1.

Найвищий інтегральний показник придатності встановлено у культивара ‘Atrovirens’ (4,56 бала або 91,2 %), що обумовлено високими морфометричними параметрами (стабільний річний приріст, симетрична конічна крона), значною морозостійкістю та добрим фітосанітарним станом. Високий рівень адаптаційної пластичності свідчить про його доцільність для широкого використання в озелененні регіону, зокрема в солітерних та алейних посадках.

Культивари ‘Gelderland’ (4,36 бала) та ‘Kornik’ (4,32 бала) характеризуються високим рівнем придатності (понад 85 %). ‘Gelderland’ вирізняється рівномірністю приросту та щільною кроною, що робить його перспективним для формування живоплотів. ‘Kornik’ характеризується стабільними адаптаційними реакціями та вираженою декоративністю, особливо в групових композиціях.

Таблиця 3 – **Інтегральні показники придатності (ІПП) досліджуваних культиварів *T. plicata***

Культивар	Морфометричні показники (М)	Адаптаційні властивості (А)	Декоративність (Д)	Фітосанітарний стан (Ф)	ІПП (бали)	ІПП (%)	Рівень придатності
‘Atrovirens’	4,6	4,5	4,4	4,8	4,56	91,2	Дуже високий
‘Gelderland’	4,4	4,2	4,3	4,6	4,36	87,2	Високий
‘Kornik’	4,2	4,3	4,5	4,7	4,32	86,4	Високий
‘Zebrina’	3,9	3,8	4,6	4,4	4,07	80,4	Високий

Найнижче значення ІПП зафіксовано у ‘Zebrina’ (4,07 бала або 80,4 %), що пов’язано з дещо меншою стабільністю морфометричних показників і чутливістю до абіотичних стресів. Водночас висока декоративність (контрастне забарвлення хвої) обумовлює її доцільність використання як акцентного елемента в ландшафтних композиціях.

Для наочного порівняння інтегрального показника придатності (ІПП) досліджуваних культиварів T. plicata (‘Atrovirens’, ‘Gelderland’, ‘Kornik’, ‘Zebrina’) наведено графічну інтерпретацію результатів (рис. 2).

Отже, отримані результати свідчать про диференційовану перспективність досліджуваних культиварів та обґрунтовують практичні рекомендації щодо їх використання в зеленому будівництві регіону.

Отримані морфометричні показники узгоджуються з літературними даними щодо інтенсивності росту виду в умовах інтродукції [9, 19, 20]. Низькі значення коефіцієнта варіації (6,1–8,1 %) свідчать про стабільність ростових процесів, що відповідає результатам генетичних досліджень щодо збереження різноманітності популяцій [18].

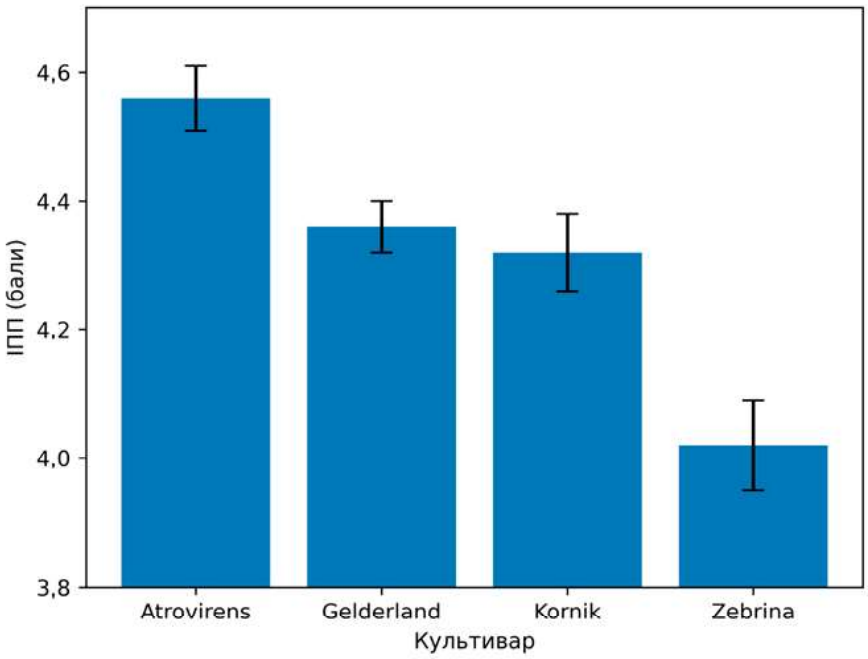


Рис. 2. **Інтегральний показник придатності (ІПП) культиварів *T. plicata.***

Порівняльний аналіз інтегрального показника придатності свідчить про різний рівень адаптивності досліджуваних культиварів в умовах Правобережного Лісостепу України. Найбільш адаптованим та морфометрично стабільним виявився культивар ‘Atrovirens’, що статистично перевищує інші форми за комплексом ознак. Культивари ‘Gelderland’ і ‘Kornik’ формують групу з однаковим рівнем адаптивності та декоративної цінності, що дозволяє рекомендувати їх для широкого використання у формованих та вільноростучих насадженнях. Нижчі показники ‘Zebrina’ зумовлені меншою стабільністю морфометричних характеристик і більш вираженою реакцією на абіотичні стресові чинники, що обмежує її використання переважно акцентними композиціями.

Високі інтегральні показники придатності досліджуваних культиварів підтверджують їх адаптаційну пластичність і перспективність для урбанізованих екосистем, що узгоджується з практичними рекомендаціями з інтродукції та озеленення [1, 2, 3]. Врахування декоративних характеристик і фітосанітарного стану відповідає підходам, запропонованим у сучасних дендрологічних та ландшафтних дослідженнях [11, 12, 14, 15, 23].

Висновки. У результаті комплексної морфометричної та інтегральної оцінки культиварів *T. plicata* в умовах Правобережного Лісостепу України встановлено їх високу адаптаційну здатність та перспективність для використання в озелененні регіону. За морфометричними показниками найінтенсивніший ріст продемонстрував культивар ‘Gelderland’

(висота 3,62 ± 0,09 м; річний приріст 31,2 ± 1,5 см), тимчасом найменші значення висоти зафіксовано у ‘Kornik’ (2,85 ± 0,06 м). Коефіцієнт варіації за показником висоти (6,1–8,1 %) свідчить про низький рівень мінливості та стабільність ростових процесів досліджуваних форм. Інтегральний показник придатності (ІПП), розрахований із урахуванням морфометричних, адаптаційних, декоративних та фітосанітарних характеристик, засвідчив дуже високий рівень придатності культивара ‘Atrovirens’ (4,56 бала або 91,2 %) та високий рівень у ‘Gelderland’ (4,36 бала), ‘Kornik’ (4,32 бала) і ‘Zebrina’ (80,4 %). Порівняльний аналіз інтегральних показників придатності свідчить про відмінності між досліджуваними культиварами. Найбільш адаптованим та морфометрично стабільним визначено ‘Atrovirens’, тимчасом ‘Gelderland’ і ‘Kornik’ формують групу зі стабільно високими показниками адаптивності. Установлено, що всі досліджувані культивари мають ІПП ≥ 80 %, що дозволяє рекомендувати їх для широкого використання в зеленому будівництві регіону з урахуванням їх біоморфологічних особливостей та функціонального призначення насаджень.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення спектра оцінюваних культиварів *T. plicata* та порівняння їх із іншими представниками роду *Thuja*. Це дозволить удосконалити систему добору культиварів для різних типів урбанізованих екосистем та підвищити ефективність зеленого будівництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковалевський С.Б., Демченко О.О., Курдюк О.М. Інтродукція рослин: навч. посіб. Київ: ЦП «Компринт», 2024. 204 с.

2. Асортимент дерев, кущів та ліан для ландшафтного будівництва України / С.І. Кузнецов та ін. Київ: Компринт, 2020. 256 с.

3. Кушнір А.І., Суханова О.А. Агротехніка рослин у ландшафтному будівництві. Хвойні. Київ: ФОП Ямчинський, 2022. Част. І. 180 с.

4. Arno S.F., Hammerly R.M. Northwest Trees: Identifying and Understanding the Region's Native Trees. Seattle: Mountaineers Books, 2007. 220 p.

5. Dirr M.A. Manual of Woody Landscape Plants: Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation, and Uses. Portland: Timber Press, 2009. 1374 p.

6. Каталог культиварів хвойних рослин в Україні. Київ, 2018. 112 с.

7. Adelalu K., Zhang X., Qu X., Wang H. Plastome phylogenomic and biogeographical study on Thuja (Cupressaceae). Scientific World Journal. 2020. Art. 8426287. DOI: 10.1155/2020/8426287.

8. Darwish R.S., Hammoda H., Harraz F.M., Shawky E. Genus Thuja: botany, phytochemistry and biological uses. Journal of Applied Pharmaceutical Science. 2024. Vol. 14(1). P. 100–120. DOI: 10.21608/japs.2024.249826.1000.

9. Horak P., Jablonicka P., Knott R. Potential of Thuja plicata and Chamaecyparis lawsoniana in the context of global climate change in the Czech Republic. Journal of Forest Science. 2025. Vol. 71(9). P. 426–440. DOI: 10.17221/51/2025-JFS.

10. Royal Horticultural Society. RHS Plant Finder. London: RHS, 2019. 1230 p.

11. Познякова С.І., Лось С.А. Дендрологія. Голонасінні: навч. посіб. Харків, 2015. 199 с.

12. Познякова С.І., Лось С.А. Декоративна дендрологія. Голонасінні: навч. посіб. Харків: Факт, 2024. 326 с.

13. Ivashchenko I., Adamenko S., Shlapak V. Peculiarities of seasonal development and influence of ecological factors on the growth of Thuja plicata under introduction in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Journal of Forest Science. 2019. Vol. 65(9). P. 346–355. DOI: 10.17221/52/2019-JFS.

14. Ecological and biological role of lighting in the development and seasonal dynamics of northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) needles and its ornamental forms in Lviv / V.P. Kycheryavyj et al. Journal of Agricultural Sciences. 2025. Vol. 70(1). P. 33–50. DOI: 10.2298/JAS2501033K.

15. Kycheryavyj V.S., Popovych V.V. Esthetic assessment of ornamental forms of northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) and their use in garden and park compositions. Journal of Agricultural Sciences. 2023. Vol. 68(3). P. 315–328. DOI: 10.2298/JAS2303315K.

16. Malhocka A., Svabova M. Diversity of terpene synthesis in Thuja species – a comparative chemotaxonomic study. Biochemical Systematics and Ecology. 2023. Vol. 110. Art. 104703. DOI: 10.1016/j.bse.2023.104703.

17. Genetic architecture of terpene chemistry and growth traits in western redcedar (Thuja plicata) / T.J. Shalev et al. Evolutionary Applications. 2022. Vol. 16(3). P. 673–687. DOI: 10.1111/eva.13526.

18. Guillardin L., Glover E., Kerr G., MacKay J.J. Genomic exploration of Thuja plicata indicates no loss of diversity from adults to offspring in UK woodlands. Tree Genetics & Genomes. 2025. Vol. 21. Art. 5. DOI: 10.1007/s11295-025-01689-7.

19. Edelstein Z.R., Ford E.D. Branch and foliage morphological plasticity in old-growth Thuja plicata. Tree Physiology. 2003. Vol. 23(10). P. 649–662. DOI: 10.1093/treephys/23.10.649.

20. Harlow B.A., Marshall J.D. Leaf longevity of western red cedar (Thuja plicata) increases with depth in the canopy. Tree Physiology. 2005. Vol. 25(5). P. 557–562. DOI: 10.1093/treephys/25.5.557.

21. Aldana J.A., Kope H.H., Hawkins B.J. Western redcedar – natural history and pathosystems. Forest Pathology. 2023. Vol. 53(2). P. 377–390. DOI: 10.1080/07060661.2023.2198489.

22. Fodor E., Haruta O. Nestedness in bipartite networks of Thuja plicata and its pathogens. Annals of Forest Research. 2014. Vol. 57(1). P. 45–54. DOI: 10.15287/afr.2014.173.

23. Лукащук Г.Б. Дендрологія: навч. посіб. / за ред. Г.П. Петришин. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. 348 с.

REFERENCES

1. Kovalevskyi, S.B., Demchenko, O.O., Kurdiuk, O.M. (2024). Introduktsiia roslyn: navch. posib. [Plant introduction]. Kyiv, TsP «Komprynt», 204 p.

2. Kuznetsov, S.I., Kushnir, A.I. (2020). Asortyment derev, kushchiv ta lian dlia landshaftnoho budivnytstva Ukrainy [Assortment of trees, shrubs and lianas for landscape construction of Ukraine]. Kyiv, Komprynt, 256 p.

3. Kushnir, A.I., Sukhanova, O.A. (2022). Ahrotekhnika roslyn u landshaftnomu budivnytstvi. Khvoini [Agricultural techniques of plants in landscape construction. Conifers]. Kyiv, FOP Yamchynskyi, Part I, 180 p.

4. Arno, S.F., Hammerly, R.M. (2007). Northwest Trees: Identifying and Understanding the Region's Native Trees. Seattle, Mountaineers Books, 220 p.

5. Dirr, M.A. (2009). Manual of Woody Landscape Plants: Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation, and Uses. Portland, Timber Press, 1374 p.

6. Kataloh kultyvariv khvoinykh roslyn v Ukraini [Catalogue of conifer cultivars in Ukraine]. Kyiv, 2018, 112 p.

7. Adelalu, K., Zhang, X., Qu, X., Wang, H. (2020). Plastome phylogenomic and biogeographical study on *Thuja* (Cupressaceae). Scientific World Journal. Art. 8426287. DOI: 10.1155/2020/8426287.

8. Darwish, R.S., Hammoda, H., Harraz, F.M., Shawky, E. (2024). Genus *Thuja*: botany, phytochemistry and biological uses. Journal of Applied Pharmaceutical Science. Vol. 14(1), pp. 100–120. DOI: 10.21608/japs.2024.249826.1000.

9. Horak, P., Jablonicka, P., Knott, R. (2025). Potential of *Thuja plicata* and *Chamaecyparis lawsoniana* in the context of global climate change in the Czech Republic. Journal of Forest Science. Vol. 71(9), pp. 426–440. DOI: 10.17221/51/2025-JFS.

10. Royal Horticultural Society. RHS Plant Finder. London, RHS, 2019, 1230 p.

11. Pozniakova, S.I., Los, S.A. (2015). Dendrolohiia. Holonasinni: navch. posib. [Dendrology. Gymnosperms]. Kharkiv, 199 p.

12. Pozniakova, S.I., Los, S.A. (2024). Dekoratyvna dendrolohiia. Holonasinni: navch. posib. [Ornamental dendrology. Gymnosperms]. Kharkiv, Fakt, 326 p.

13. Ivashchenko, I., Adamenko, S., Shlapak, V. (2019). Peculiarities of seasonal development and influence of ecological factors on the growth of *Thuja plicata* under introduction in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Journal of Forest Science. Vol. 65(9), pp. 346–355. DOI: 10.17221/52/2019-JFS.

14. Kycheryavyj, V.P., Henyk, Y.V., Kycheryavyj, V.S. (2025). Ecological and biological role of lighting in the development and seasonal dynamics of northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) needles and its ornamental forms in Lviv. Journal of Agricultural Sciences. Vol. 70(1), pp. 33–50. DOI: 10.2298/JAS2501033K.

15. Kycheryavyj, V.S., Popovych, V.V. (2023). Esthetic assessment of ornamental forms of northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) and their use in garden and park compositions. Journal of Agricultural Sciences. Vol. 68(3), pp. 315–328. DOI: 10.2298/JAS2303315K.

16. Malhocka, A., Svabova, M. (2023). Diversity of terpene synthesis in *Thuja* species – a comparative chemotaxonomic study. Biochemical Systematics and Ecology. Vol. 110, Art. 104703. DOI: 10.1016/j.bse.2023.104703.

17. Shalev, T.J. (2022). Genetic architecture of terpene chemistry and growth traits in western redcedar (*Thuja plicata*). Evolutionary Applications. Vol. 16(3), pp. 673–687. DOI: 10.1111/eva.13526.

18. Guillardin, L., Glover, E., Kerr, G., MacKay, J.J. (2025). Genomic exploration of *Thuja plicata* indicates no loss of diversity from adults to offspring in UK woodlands. Tree Genetics & Genomes. Vol. 21, Art. 5. DOI: 10.1007/s11295-025-01689-7.

19. Edelstein, Z.R., Ford, E.D. (2003). Branch and foliage morphological plasticity in old-growth *Thuja plicata*. Tree Physiology. Vol. 23(10), pp. 649–662. DOI: 10.1093/treephys/23.10.649.

20. Harlow, B.A., Marshall, J.D. (2005). Leaf longevity of western red cedar (*Thuja plicata*) increases with depth in the canopy. Tree Physiology. Vol. 25(5), pp. 557–562. DOI: 10.1093/treephys/25.5.557.

21. Aldana, J.A., Kope, H.H., Hawkins, B.J. (2023). Western redcedar – natural history and pathosystems. Forest Pathology. Vol. 53(2), pp. 377–390. DOI: 10.1080/07060661.2023.2198489.

22. Fodor, E., Haruta, O. (2014). Nestedness in bipartite networks of *Thuja plicata* and its pathogens. Annals of Forest Research. Vol. 57(1), pp. 45–54. DOI: 10.15287/afr.2014.173.

23. Lukashchuk, H.B., Petryshyn, H.P. (2020). Dendrolohiia: navch. posib. [Dendrology: textbook]. Lviv, Lviv Polytechnic Publishing House, 348 p.

Comprehensive morphometric and adaptive assessment of the suitability of *Thuja plicata* Donn ex D.Don cultivars for landscaping the Right Bank Forest Steppe of Ukraine

Ivashchenko I., Vitenko V., Mamchur V., Koval S.

In modern urban landscaping, the use of introduced woody species and their cultivars is becoming increasingly important due to their high ornamental value and adaptability to urban environments. Among coniferous plants, *Thuja plicata* Donn ex D. Don occupies a prominent place, being characterized by vigorous growth, shade tolerance, and year-round декоративністю.

The aim of this study was to conduct a morphometric assessment of *T. plicata* cultivars under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of

Ukraine and to determine the level of their variability as an indicator of adaptive potential.

The research was carried out in 2025. The cultivars 'Atrovirens', 'Gelderland', 'Kornik', and 'Zebrina' were selected as the study objects. The main morphometric parameters were determined, including plant height, crown diameter, and annual shoot growth. Statistical analysis of the obtained data included the calculation of mean values, standard deviation, and coefficient of variation. In addition, an integral suitability index was applied to provide a comprehensive evaluation of cultivar prospects, taking into account morphometric, adaptive, ornamental, and phytosanitary characteristics.

The results showed that the cultivar 'Gelderland' demonstrated the highest growth intensity, whereas the lowest plant height was recorded for 'Kornik'. The coefficient of variation for plant height ranged from 6.1 % to 8.1 %, indicating a low level of variability and stability of growth processes. According to the integral suitability index, the cultivar 'Atrovirens' exhibited the highest level of suitability for landscaping conditions in the region. The cultivars 'Gelderland', 'Kornik', and 'Zebrina' also demonstrated high adaptive potential and ornamental value.

The obtained results confirm the strong prospects for the use of the studied *Thuja plicata* cultivars in landscaping within the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine and may serve as a scientific basis for the selection of ornamental coniferous plants for urban ecosystems.

Key words: *Thuja plicata*, cultivars, introduction, morphometric parameters, trait variability, adaptive potential, Right-Bank Forest-Steppe, landscaping.

Copyright: Іващенко І.Є. 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:
Іващенко І.Є. https://orcid.org/0000-0001-5831-8490
Вітенко В.А. https://orcid.org/0000-0001-5762-9238
Мамчур В.В. https://orcid.org/0000-0003-1579-4467
Коваль С.А. https://orcid.org/0000-0002-5897-9376

Наукове видання

АГРОБІОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1 (203) 2026

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 60 1/8. Ум.др.арк. 33,2. Наклад 300.
Підписано до друку 19.05.2026 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.