

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 37



Видавничий дім
«Гельветика»
2026

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1553 від 09.05.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-04609.

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України відповідно до Наказу МОН України № 928 від 11 червня 2026 року (додаток 11) строком на три роки з 01 червня 2026 року по 31 травня 2029 року з присвоєнням категорії «Б».
Кластер: Сільськогосподарські і ветеринарні науки. Спеціальність: Н1 Агрономія.

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (протокол № 18 від 14.09.2026 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Вожегова Раїса Анатоліївна – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, в.о. директора, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовицтва (м. Одеса, Україна)

Члени редакційної колегії:

Білявська Людмила Григорівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики, Полтавський державний аграрний університет МОН України (м. Полтава, Україна)

Дідур Ігор Миколайович, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування, Вінницький національний аграрний університет МОН України (м. Вінниця, Україна)

Екінджи Ремзі (Ekinci Remzi), доктор філософії, доцент, викладач, дослідник, Університет Дікле, факультет сільського господарства (м. Діярбакир, Туреччина)

Елнazarкизи Рахія (Yelnazarkyzy Rakhiya), кандидат сільськогосподарських наук, в.о. асоційованого професора, Казахський агротехнічний університет імені С. Сейфулліна (м. Астана, Казахстан)

Заєць Сергій Олександрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

Іслам Хандакар Рафік (Islam Khandakar Rafiq), доктор наук, старший науковий співробітник, доцент, Державний університет Огайо, (м. Огайо, США)

Кулик Максим Іванович, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики, Полтавський державний аграрний університет МОН України (м. Полтава, Україна)

Лавриненко Юрій Олександрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

Марченко Тетяна Юріївна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

Міщенко Сергій Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біології, здоров'я людини та методики навчання, Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка (м. Глухів, Україна)

Петрзак Стефан (Pietrzak Stefan), доктор наук, професор, завідувач відділу якості води, Технологічний та природничий інститут (м. Рашин, Польща)

Пілярська Олена Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу маркетингу та міжнародної діяльності, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

У журналі подаються результати наукових досліджень теоретичного та практичного характеру з питань аграрних наук і продовольства. Висвітлено елементи системи землеробства, обробіток ґрунту, удобрення, раціональне використання поливної води, особливості ґрунтовірних процесів. Приділено увагу питанням кормовиробництва, вирощування зернових, картоплі та інших культур, створення нових сортів і гібридів, біотехнологій, економіки виробництва.

Науковий журнал «Аграрні інновації» розрахований на науковців, аспірантів, спеціалістів сільського господарства.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Мови видання: українська, англійська, польська, німецька, іспанська.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (вул. Маяцька Дорога, буд. 24, смт Хлібодарське Одеської обл., 67667, icsanaas@ukr.net, тел. +380(50)-979-12-39).

Адреса редакційної колегії:

Видавничий дім «Гельветика», м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1

Телефон: +38 (050) 835 07 12, e-mail: info@agrarian-innovations.izpr.ks.ua

www.agrarian-innovations.izpr.ks.ua

ЗМІСТ

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО.....	7
Баган А.В., Улізько В.М. Вплив позакореневого підживлення на ріст і розвиток рослин у гібридів кукурудзи (<i>Zea mays L.</i>).....	7
Булах А.О. Урожайність ріпаку озимого залежно від елементів агротехнології в умовах Західного Лісостепу України	14
Вербицький П.П. Урожайність і якість зерна пшениці озимої залежно від сортових особливостей та удобрення в умовах Півдня України.....	25
Войтовик М.В., Примак І.Д., Сабатин В.Я., Качан Л.М., Панченко О.Б., Ображій С.В. Ефективність контролювання ентомо-фітопатогенного стану агроценозів зернової сівозміни за різних систем основного обробітку і удобрення чорнозему типового.....	30
Гораш В.О. Залежність процесу формування посівів ячменю ярого від впливу комбінованого застосування мінеральних добрив та листового підживлення рослин мікродобривом.....	43
Добровольський А.В., Гончаренко Є.В. Вплив оптимізації живлення на урожайність та якість зерна сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України.....	50
Донець А.О., Марченко Т.Ю., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Графов А.В., Пілярська О.О. Динаміка фотосинтетичного потенціалу у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за беззмінних посівів та системи захисту від сеgetальної рослинності.....	50
Дробіт О.С., Балабаш В.С. Вплив застосування біопрепаратів на структурні показники <i>Brassica napus L.</i>	60
Дубовий В.І., Кліщенко С.В., Холоденко І.В., Будає О.О., Зеленець С.В. Агроекологічні особливості використання мулових мас стічних вод при вирощуванні гречки та їх насліддя на ріст і розвиток пшениці – дворучки Миронівчанки.....	67
Дутчак О.В. Вирощування нішевих культур в умовах екологізації рослинництва.....	73
Жигайло Т.С., Жигайло О.Л., Барсукова О.А. Вплив прогнозованих змін клімату на продуктивність соняшнику в умовах природного та регульованого вологозабезпечення Півдня України.....	79
Запольська Н.М., Шендрік К.М., Сторожик Л.І., Кулик Г.А. Ефективність хімічних та біологічних фунгіцидів у контролюванні мікозів листового апарату цукрових буряків.....	87
Каруна В.В., Шатковський А.П. Цифрові підходи до управління водним режимом ґрунту за краплинного зрошення ягідних культур в умовах Лісостепу України.....	94
Ключевич М.М., Вигера С.М., Венгер О.В., Залевський Р.А., Горецький М.А. Теоретичні аспекти ролі фітофагів, фітопатогенів і бур'янів у фітоценозах.....	101
Ковальчук А.В. Особливості використання мікоризоутворюючих, бактеріальних та рістрегулюючих препаратів на посівах соняшнику.....	106
Kovka N.S., Hrytsyshyn V.O. Dynamics of assimilation surface formation and growth processes of oilseed radish plants depending on growing conditions.....	113
Кравченко Н.В., Можарівська І.А., Гнітецький М.О., Захарчук Н.А., Олійник Т.М., Волошин І.Є. Фіторе mediaція ґрунтів, забруднених важкими металами, як інструмент забезпечення екологічної безпеки агроєкосистем в умовах кліматичних змін.....	121
Кривенко А.І., Усов Р.М. Хвороби кореневої системи гороху підзимнього строку сівби та оптимізація заходів захисту у зоні Лісостепу України.....	126
Лозінський Б.М., Грабовський М.Б. Формування кількості колосків у колосі пшениці ярої залежно від агрометеорологічних умов та елементів технології вирощування в Правобережному Лісостепу України.....	134
Мазур О.В., Шкатула Д.Ю. Особливості мінерального живлення сої.....	144
Максимишин О.В., Кобак С.Я. Вплив строків сівби на формування якості насіння сої в умовах Лісостепу Правобережного.....	151
Оніпко В.В., Маломижєв А.С. Тенденція виробництва сої в Україні та світі.....	157

Панфілова А.В., Кошкін Д.Л. Агрометеорологічні умови та динаміка вегетаційних індексів пшениці озимої у Південному Степу України.....	164
Правдива Л.А., Степаненко М.В., Вахній С.П. Ефективність застосування фунгіцидів від хвороб у посівах соняшника	171
Svydenko A.V., Stepanova M.M. Research of valuable economic indicators in some species of essential oil plants for building productivity models.....	176
Сидякіна О.В., Іванів М.О. Сучасний стан виробництва та особливості формування сортових ресурсів квасолі звичайної в Україні.....	182
Ситнік О.В., Царук І.В., Риженко А.С. Технологічні аспекти вирощування олійних культур в умовах Лісостепу України.....	189
Смолка О.А., Павлов О.С. Зимуючий горох як альтернатива ярому в умовах змін клімату: роль систем обробітку ґрунту у формуванні продуктивності.....	194
Сухомлін Л.В. Інтеграція ГІС інституції у визначенні фізико-хімічного складу ґрунтового покриву.....	203
Тищенко А.В., Родіонов А.В. Економічна ефективність вирощування гібридів соняшника залежно від системи захисту від бур'янів.....	210
Ткачук О.П., Мазур О.В. Оцінка параметрів торфових субстратів для тепличного господарства.....	218
Trandafir I.V., Kryvenko A.I., Balan G.O., Zorunko V.I., Dzham M.A. The main pest of peas is the pea weevil (<i>Bruchus pisorum</i> L.).....	224
Угрін О.М., Біднина І.О. Продуктивність та якість насіння сортів сої залежно від передпосівної інокуляції в умовах Півдня України.....	232
Черчель В.Ю., Костенко В.В. Результативність методу гаплоїдії у селекції кукурудзи	238
Шиян А.В., Монька Н.Я. Економічні та екологічні аспекти використання сірковмісних біопрепаратів у сучасному агровиробництві.....	244
Штірбу А.В., Паларієв В.О. Моделювання агробіологічних процесів виноградарства за різних умов вологозабезпечення із застосуванням моделі AquaCrop.....	250
СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО	255
Книш В.І., Косенко Н.П., Кокойко В.В., Шабля О.С. Вплив УФ-В опромінення на адаптивну здатність і стабільність зразків гарбуза.....	255
Нейко І.С. Особливості створення та використання об'єктів лісової селекції в умовах Вінниччини.....	261
Осіпов М.Ю. Посухостійкість видів роду <i>Hydrangea</i> L. залежно від генотипу та умов вирощування.....	266
Юсипенко Р.В., Макарова Д.Г. Біохімічні та біофізичні показники плодів нових гібридів вишні (<i>Prunus cerasus</i> L.) в умовах гідротермічної дестабілізації Лісостепу України.....	272
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	279

CONTENTS

MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE.....	7
Bahan A.V., Ulizko V.M. The effect of foliar fertilization on plant growth and development in corn hybrids (<i>Zea mays</i> L.).....	7
Bulakh A.O. Influence of agricultural technology elements on photosynthetic indicators of winter rape hybrids in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine.....	14
Verbitskyi P.P. Yield and grain quality of winter wheat depending on varietal characteristics and fertilization in Southern Ukraine.....	25
Voitovyk M.V., Prymak I.D., Sabadyn V.Ya., Kachan L.M., Panchenko O.B., Obrazhii S.V. Effectiveness of controlling the entomo-phytopathogenic state of agrocenoses of grain crop rotation under various systems of main treatment and fertilization of typical chernozem soil.....	30
Horash V.O. Dependence of spring barley crop formation on the combined application of mineral fertilizers and foliar micronutrient fertilization.....	43
Dobrovolskyi A.V., Honcharenko Ye.V. Effect of nutrition optimization on yield and grain quality of spring barley varieties under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.....	50
Donets A.O., Marchenko T.Yu., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O., Grafov A.V., Piliarska O.O. Dynamics of photosynthetic potential in corn hybrids of different FAO groups under constant cropping and protection systems against segetal vegetation.....	50
Drobit O.S., Balabash V.S. Effect of the application of biopreparations on the structural parameters of <i>Brassica napus</i> L.....	60
Dubovyi V.I., Klishchenko S.V., Kholodenko I.V., Budak O.O., Zelenets S.V. Agroecological features of sewage sludge application in buckwheat cultivation and its residual effect on facultative wheat.....	67
Dutchak O.V. Cultivation of niche crops under conditions of crop production ecologization.....	73
Zhygailo T.S., Zhygailo O.L., Barsukova O.A. Impact of projected climate change on sunflower productivity under rainfed and irrigated conditions in Southern Ukraine.....	79
Zapolska H.M., Shendryk K.M., Storozhyk L.I., Kulyk G.A. Effectiveness of chemical and biological fungicides in controlling mycoses of the leaf apparatus of Sugar Beet.....	87
Karuna V.V., Shatkovskyi A.P. Digital approaches to soil water regime management under drip irrigation of berry crops in the Forest-Steppe conditions of Ukraine.....	94
Kliuchevych M.M., Vygera S.M., Venger O.V., Zalevsky R.A., Horetskyi M.A. Theoretical aspects of the role of phytophages, phytopathogens and weeds in phytocenoses.....	101
Kovalchuk A.V. Features of the use of mycorrhizal, bacterial and growth-regulating drugs on sunflower crops.....	106
Kovka N.S., Hrytsyshyn V.O. Dynamics of assimilation surface formation and growth processes of oilseed radish plants depending on growing conditions.....	113
Kravchenko N.V., Mozharivska I.A., Hnitetskyi M.O., Zakharchuk N.A., Oliinyk T.M., Voloshyn I.Ye. Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals as a tool for ensuring the ecological safety of agroecosystems in the context of climate change.....	121
Kryvenko A.I., Usov R.M. Root system diseases of winter-sown peas and optimization of protection measures in the Forest-Steppe zone of Ukraine.....	126
Lozinskyi B.M., Grabovskyi M.B. Formation of the number of spikelets per spike in spring wheat depending on agrometeorological conditions and cultivation practices in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....	134
Mazur O.V., Shkatula D.Yu. Features of soy mineral nutrition.....	144
Maksymyshyn O.V., Kobak S.Ya. The influence of sowing dates on the formation of soybean seed quality in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe.....	151
Onipko V.V., Malomyzhev A.S. Soybean production trend in Ukraine and the world.....	157
Panfilova A.V., Koshkin D.L. Agrometeorological conditions and dynamics of vegetation indices of winter wheat in the Southern Steppe of Ukraine.....	164
Pravdyva L.A., Stepanenko M.V., Vakhniy S.P. Effectiveness of fungicides against diseases in sunflower crops.....	171

Svydenko A.V., Stepanova M.M. Research of valuable economic indicators in some species of essential oil plants for building productivity models.....	176
Sydiakina O.V., Ivaniv M.O. Current state of production and peculiarities of the formation of common bean varietal resources in Ukraine.....	182
Sytnik O.V., Tsaruk I.V., Ryzhenko A.S. Technological aspects of oilseed crop cultivation under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine.....	189
Smolka O.A., Pavlov O.C. Winter pea as an alternative to spring pea under climate change conditions: the role of tillage systems in productivity formation.....	194
Sukhomlin L.V. Integration of GIS institutions in determining the physicochemical composition of soil cover.....	203
Tyshchenko A.V., Rodionov A.V. The economic efficiency of growing sunflower hybrids depending on the weed control system.....	210
Tkachuk O.P., Mazur O.V. Assessment of parameters of peat substrates for greenhouse farming.....	218
Trandafir I.V., Kryvenko A.I., Balan G.O., Zorunko V.I., Dzham M.A. The main pest of peas is the pea weevil (<i>Bruchus pisorum</i> L.).....	224
Uhrin O.M., Bidnyina I.O. Productivity and seed quality of modern soybean varieties depending on pre-sowing inoculation under the conditions of the Black Sea region of Ukraine.....	232
Cherchel V.Yu., Kostenko V.V. The effectiveness of the haploidy method in corn breeding.....	238
Shyian A.V., Monka N.Ya. Economic and ecological aspects of using sulfur-containing biopreparations in modern agricultural production.....	244
Shtirbu A.V., Palariev V.O. Modeling agrobiological processes in vineyards under varying water supply conditions using the AquaCrop model.....	250
BREEDING, SEED PRODUCTION	255
Knysh V.I., Kosenko N.P., Kokoiko V.V., Shablina O.S. Influence of UV-B radiation on adaptive capacity and stability of pumpkin samples.....	255
Neyko I.S. Features of the creation and use of forest breeding objects in the Vinnytsia region.....	261
Osipov M.Yu. Drought tolerance of <i>Hydrangea</i> L. species depending on genotype and growing conditions.....	266
Yusypenko R.V., Makarova D.H. Biochemical characteristics of fruits of new sour cherry (<i>Prunus cerasus</i> L.) hybrids under hydrothermal conditions in the Forest-Steppe of Ukraine.....	272
AUTHOR INDEX	279

ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН У ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ (*ZEА MAYS L.*)

БАГАН А.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-8851-5081

Полтавський державний аграрний університет

УЛІЗЬКО В.М. – аспірант кафедри селекції, насінництва і генетики

orcid.org/0009-0005-6385-5510

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Одним із важливих чинників оптимізації технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи, є збалансоване живлення рослин із раціональним використанням макро- і мікродобрив. Їх застосування підвищує рівень продуктивного потенціалу рослин, стійкість до несприятливих умов середовища, наростання вегетативної маси рослин, поліпшення показників якості продукції тощо [2; 3; 6; 15].

Ефективним способом удобрення для більш доступного надходження поживних речовин для рослин та засвоєння елементів живлення з ґрунту є використання позакореневого підживлення. За такого способу живлення необхідні макро- і мікроелементи краще проникають і засвоюються у рослині, активізують синтез органічних речовин та пришвидшують процеси метаболізму [12; 13].

Тому актуальним завданням на сьогоднішній день є отримання високої і стабільної урожайності сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи. На даний час галузь рослинництва потребує пошуку нових заходів отримання високого урожайного потенціалу культури залежно від способів підживлення рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання елементів живлення має значний вплив на ріст і розвиток рослин. За рахунок вмісту в ґрунті всіх необхідних речовин збільшується урожайність та якість продукції у гібридів кукурудзи. Інтенсивність росту рослин залежить від адаптивності культури, генетичних особливостей гібриду та їх стійкості до біотичних та абіотичних факторів. Застосування необхідних елементів живлення забезпечує оптимальні умови росту і розвитку рослин культури [7; 20; 21].

Тому часто для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи, не вистачає необхідних мікроелементів. Дефіцит даних елементів можна поповнити за рахунок використання мікродобрив. Позакореневе підживлення рослин кукурудзи мікроелементами сприяє кращому засвоєнню необхідних поживних речовин [18; 19].

Наразі більше уваги звертають на використання мікроелементних препаратів для підживлення кукурудзи, що регулюють процеси росту і розвитку, підвищують стійкість рослин до несприятливих погодних умов, збільшують рівень врожайності та поліпшують якість зерна [11].

Крім того, поліпшення системи живлення рослин шляхом позакореневої обробки добривами має позитивний вплив на інтенсивність формування листової поверхні, накопичення сирової біомаси, вихід сухої речовини, продуктивність рослини, що дає змогу скоригувати нестачу необхідних елементів протягом вегетаційного періоду кукурудзи і ефективніше використовувати добрива, усунувши їх перетворення у недоступні форми [1; 8; 17].

Накопичення сирової біомаси і сухої речовини залежать здебільшого від висоти рослин, генетичних особливостей гібриду та фотосинтетичного потенціалу. Так, завдяки інтенсивності процесів росту у рослин пришвидшується формування асиміляційної поверхні, збільшується фотосинтетичний потенціал, підвищується фактична врожайність [4; 5; 16].

Крім того, позакореневе внесення добрив на критичних стадіях росту та розвитку рослин підвищує вміст вуглеводів, білків та ліпідів, а також збільшує масу зерна кукурудзи. На ефективність позакореневого підживлення впливають такі фактори, як строки внесення, діюча речовина добрива, його концентрація та ін. [7; 9].

Таким чином, актуальним залишається вивчення ефективності позакореневого підживлення на ростові процеси рослин та рівень урожайності гібридів кукурудзи.

Мета статті – закономірності формування процесів росту і розвитку рослин, а також рівня урожайності у гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення.

Матеріали та методика досліджень. Предмет дослідження – гібриди кукурудзи компанії «MAS Seeds Україна» MAS 25.F (FAO 250) і MAS 37.V (FAO 340), мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

Дослідження проводили в умовах Полтавської області протягом 2023–2025 рр. Облікова площа

ділянки складала 25 м². Повторність – чотириразова. Попередник – соя.

Схема дослідів включала такі варіанти: без обробки (контроль); позакореневе підживлення у фазі 4–6 листків; позакореневе підживлення у фазі 8–10 листків; позакореневе підживлення у фазі 4–6 + 8–10 листків мікродобривом Інтермаг-Кукурудза.

Під час фенологічних спостережень відмічали тривалість міжфазних періодів «сівба-сходи», «сходи-початок викидання волоті» та «сходи-повна стиглість» за схемою дослідів.

У польових умовах визначали накопичення сирової надземної маси та сухої речовини у рослин, площу листової поверхні, а також рівень урожайності за варіантами дослідів. Зразки відбирали і аналізували із дослідних ділянок у 4-х повтореннях.

Дослідження виконували згідно загальноприйнятих методик, статистичну обробку даних урожайності визначали методом дисперсійного аналізу [10; 14].

Результати досліджень. За результатами проведених досліджень тривалість міжфазних періодів може варіювати залежно від забезпечення рослин теплом та вологою за конкретних умов вирощування, а також генетичних особливостей гібриду.

Тривалість міжфазного періоду «сівба-сходи» меншою була у середньораннього гібриду MAS 25.F, а більшою – у середньостиглого гібриду MAS 37.V із незначною різницею у 2–3 доби.

Тривалість міжфазного періодів «сходи-початок викидання волоті» та «сходи-повна стиглість» у досліджуваних гібридів варіювала аналогічно періоду «сівба-сходи», із різницею 6 діб та 6–8 діб відповідно (рис. 1).

За фактором позакореневого підживлення кукурудзи найкоротший період від сівби до сходів відмічено за комплексного використання мікродобрива Інтермаг-Кукурудза, а найдовший – відповідно за варіанту без обробки (контроль) із різницею 1–2 доби.

Тривалість міжфазного періодів «сходи-початок викидання волоті» та «сходи-повна стиглість» варіювала аналогічно періоду «сівба-сходи» із різницею 4 і 6 діб відповідно.

Показник площі листової поверхні рослин кукурудзи залежав від генетичних особливостей гібриду, елементів технології вирощування, зокрема підживлення, та погодних умов.

Даний показник відповідно більшим був у середньостиглого гібриду кукурудзи MAS 37.V (32,8–37,5 тис. м²/га), а меншим – у середньораннього гібриду MAS 25.F (28,1–32,8 тис. м²/га). За фактором позакореневого підживлення кукурудзи площа листової поверхні зменшувалася від комплексної обробки препарату до варіанту без обробки (рис. 2).

Інтенсивність накопичення сухої речовини у рослин кукурудзи відповідно залежить від приросту рослин, генетичних особливостей гібриду та фотосинтетичного потенціалу. За інтенсивності росту і розвитку рослин

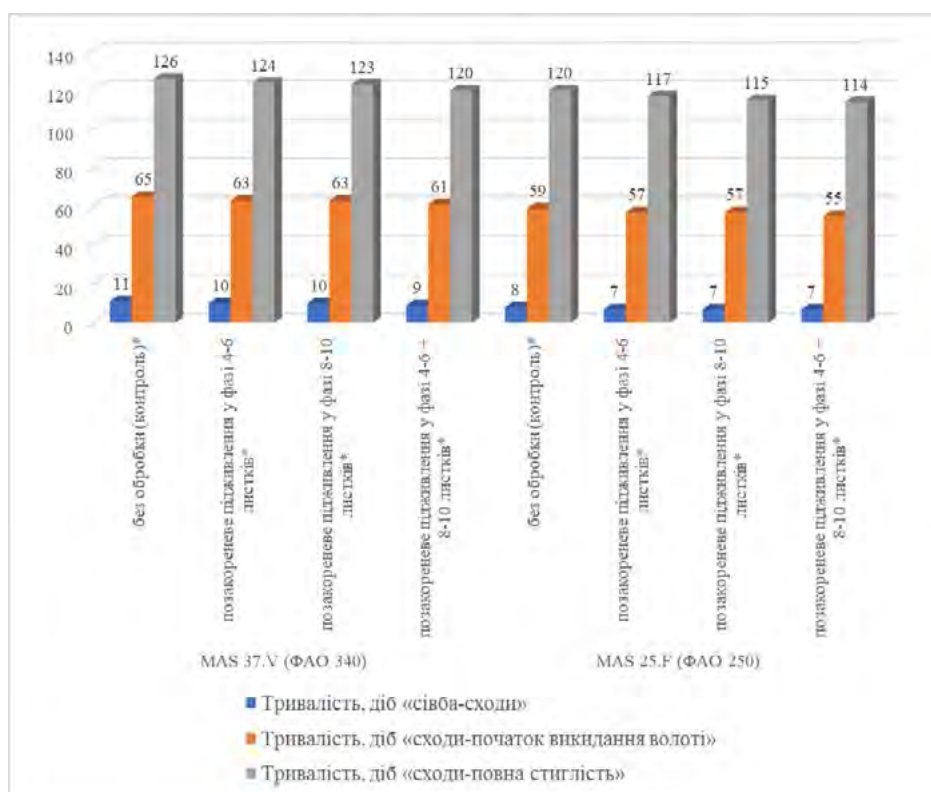


Рис. 1. Тривалість міжфазних періодів гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення, (середнє за 2023–2025 рр.)

Примітка: * – мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

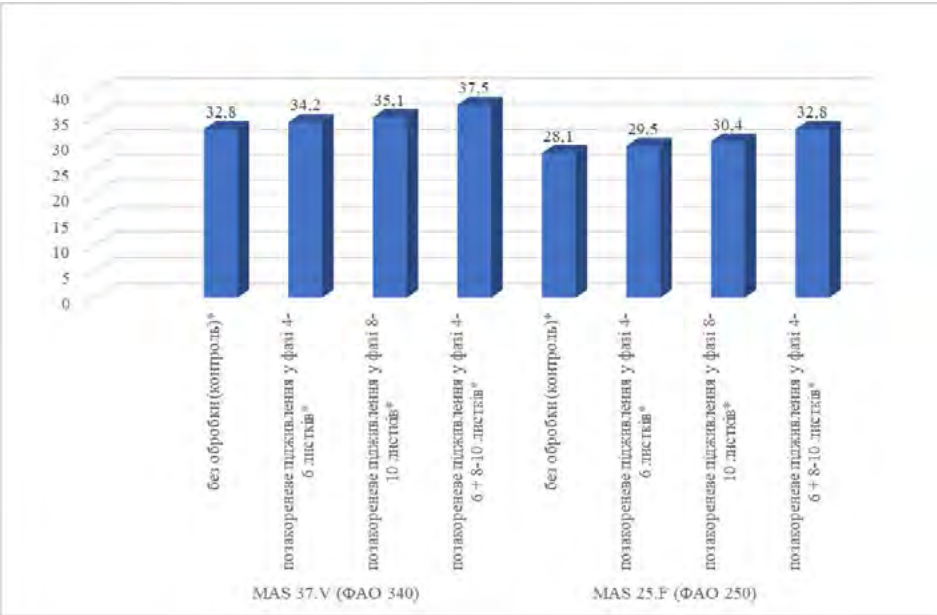


Рис. 2. Площа листкової поверхні у рослин гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення, тис. м²/га (середнє за 2023–2025 рр.)
Примітка: * – мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

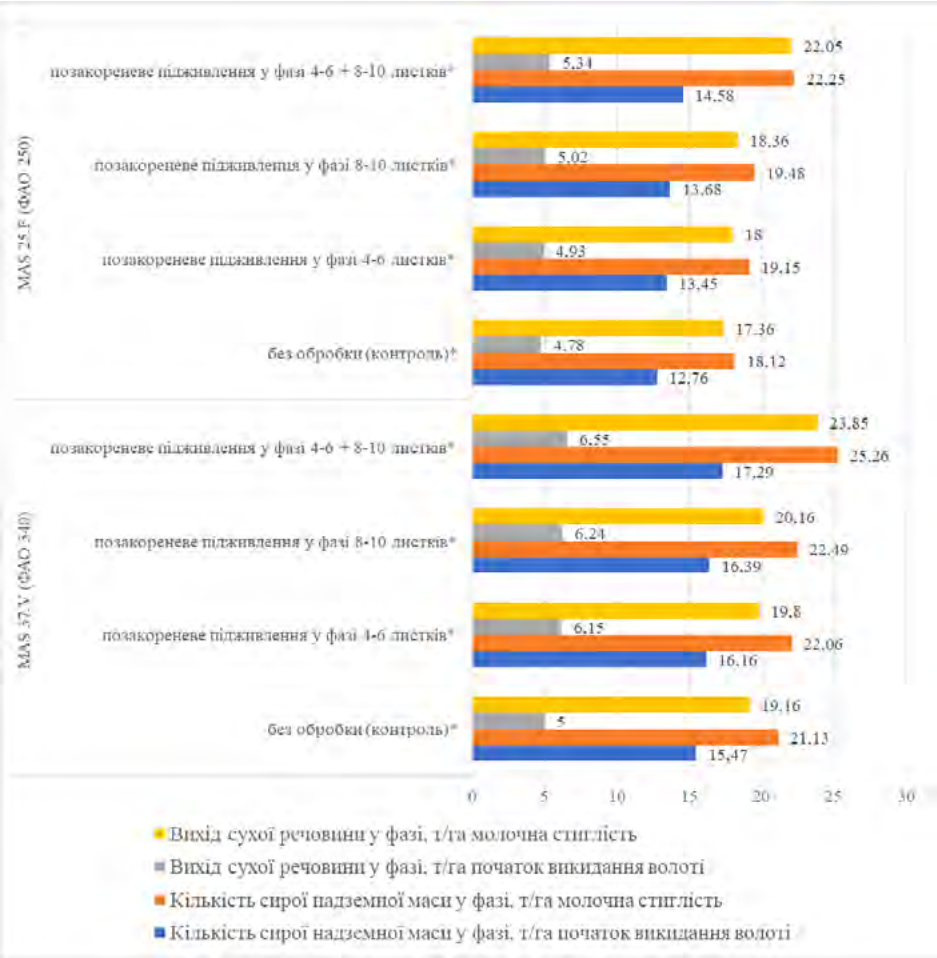


Рис. 3. Показники сирової надземної маси та сухої речовини у рослин гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення, (середнє за 2023–2025 рр.)
Примітка: * – мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

пришвидшується формування асиміляційної поверхні та збільшується фотосинтетична діяльність рослин, а також підвищується їх рівень урожайності.

Сира біомаса рослин кукурудзи стає максимальною у фазі воскової стиглості зерна. Вміст сухої речовини у надземній масі кукурудзи також впливає на зернову продуктивність рослини.

Кількість сирої надземної маси у рослин кукурудзи на початку викидання волоті меншою була у середньораннього гібриду MAS 25.F (12,76–14,58 т/га), а більшою – у гібриду MAS 37.V (15,47–17,29 т/га).

Кількість сирої надземної маси у фазі молочної стиглості зерна варіювала аналогічно: меншою була у гібриду MAS 25.F (18,12–22,25 т/га), а більшою – у гібриду MAS 37.V (21,13–25,26 т/га).

Вихід сухої речовини у рослин кукурудзи на початку викидання волоті відповідно становив: у гібриду MAS 25.F – 4,78–5,34 т/га, у гібриду MAS 37.V – 5,00–6,55 т/га.

Вихід сухої речовини у рослин кукурудзи у фазі молочної стиглості зерна відповідно дорівнював: у гібриду MAS 25.F – 17,36–22,05 т/га, у гібриду MAS 37.V – 19,16–23,85 т/га.

За фактором позакореневого підживлення кукурудзи приріст сирої маси і вихід сухої речовини у рослин кукурудзи збільшувалися відповідно від варіанту-контролю до варіанту із позакореневим підживленням у фазі 4–6 + 8–10 листків (рис. 3).

За роки досліджень показник урожайності кукурудзи був більшим у 2023 році і складав відповідно 8,50–9,62 т/га. У 2024 році урожайність через несприятливі погодні умови наприкінці весни-початку літа була найменшою – 5,46–6,08 т/га. У 2025 році досліджуваний показник варіював у межах 6,70–8,22 т/га (рис. 4).

У 2023 і 2025 роках за фактором А (гібрид) урожайність гібриду MAS 37.V за всіма варіантами обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза істотно була

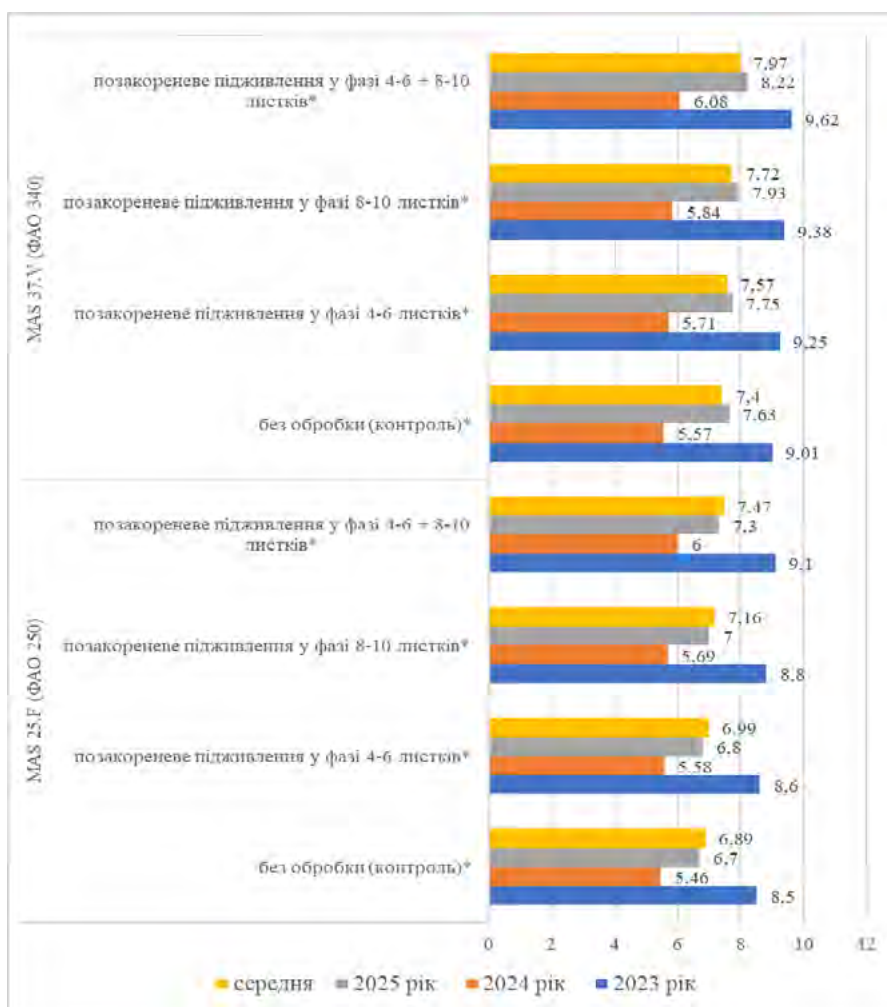


Рис. 4. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення, т/га

Примітка: * – мікродобриво Інтермаг-Кукурудза.

2023 рік: HIP05 (A) = 0,45 т/га; HIP05 (B) = 0,24 т/га; HIP05 (AB) = 0,48 т/га

2024 рік: HIP05 (A) = 0,25 т/га; HIP05 (B) = 0,22 т/га; HIP05 (AB) = 0,29 т/га

2025 рік: HIP05 (A) = 0,61 т/га; HIP05 (B) = 0,27 т/га; HIP05 (AB) = 0,63 т/га

більшою за досліджуваний показник гібриду MAS 25.F (відповідно $HIP05=0,45$ т/га і $HIP05=0,61$ т/га).

У 2024 році через несприятливі погодні умови за фактором А урожайність гібриду MAS 37.V за всіма варіантами обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза суттєво не перевищувала гібрид MAS 25.F ($HIP05=0,25$ т/га).

Протягом 2023–2025 років за фактором В (варіант обробки) в обох гібридів кукурудзи за досліджуванним показником варіант комплексної обробки препаратом суттєво перевищував решту варіантів обробки, які між собою не мали істотної різниці (відповідно $HIP05=0,24$ т/га; $HIP05=0,22$ т/га; $HIP05=0,27$ т/га).

За середніми даними урожайність гібридів кукурудзи відповідно складала: MAS 25.F – 6,89–7,47 т/га, MAS 37.V – 7,40–7,97 т/га.

Висновки. За даними результатів досліджень було встановлено, що менша тривалість міжфазних періодів «сівба-сходи», «сходи-початок викидання волоті» та «сходи-повна стиглість» меншою була у середньораннього гібриду MAS 25.F, а більшою – у середньостиглого гібриду MAS 37.V. За фактором позакореневого підживлення кукурудзи найкоротший період відмічено за комплексного використання мікродобрива Інтермаг-Кукурудза, а найдовший – відповідно за варіанту без обробки.

Показники площі листової поверхні рослин, приросту сирової маси і виходу сухої речовини, рівня урожайності більшими були у гібриду кукурудзи MAS 37.V, а меншими – у гібриду MAS 25.F. За фактором обробки досліджувані показники зменшувалися від комплексного використання препарату до варіанту-контролю.

За рівнем урожайності виділено гібрид кукурудзи MAS 37.V за комплексної обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза, який характеризувався найбільшим показником ФАО.

Перспективою подальших досліджень є порівняння ефективності впливу даного мікродобрива на показники якості зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аверчев О.В., Іванів М.О., Лавриненко Ю.О. Індекси врожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості в Посушливому Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 3–12. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.1>
2. Баган А.В., Улізько В.М. Вплив позакореневого підживлення на урожайність середньостиглих гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.). *Таврійський науковий вісник*. 2024. №140. С. 13–19. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.2>
3. Баган А.В., Улізько В.М. Формування урожайності середньоранніх гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення (*Zea mays* L.). *Таврійський науковий вісник*. 2026. №149. С. 24–30. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.3>
4. Баган А.В., Шакалій С.М., Харитенко Б.Р., Шевченко І.А., Коротушенко К.Ю., Даценко Д.М. Вплив мікродобрив на продуктивність гібридів кукурудзи (*Zea mays*). *Зрошуване землеробство*. 2025. Вип. 84. С. 14–19. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2025.84.2>
5. Баган А.В., Шакалій С.М., Юрченко С.О., Іващенко В.М., Бараболя О.В., Покотило А.В. Формування біометричних показників та рівня урожайності гібридів кукурудзи за групами стиглості. *Зрошуване землеробство*. 2022. №77. С. 5–8. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1>
6. Баган А.В., Шакалій С.М., Юрченко С.О. Формування продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи за групами стиглості. *Аграрні інновації*, 2022. №113. С. 7–11. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1>
7. Басюк П., Грабовський М. Вплив мікродобрив та регуляторів росту на зміну біометричних показників рослин кукурудзи. *Передагірне та гірське землеробство і тваринництво*, 2025. 78(1), 7–22. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-1-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-1-1)
8. Вожегова Р.А., Белов Я.В. Динаміка накопичення надземної біомаси гібридами кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та удобрення за вирощування в умовах зрошення. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2019. Вип. 109. Частина 1. С. 3–9. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.1>
9. Вожегова Р.А. та ін. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 91–99. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14>
10. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Дія, 2005. 288 с.
11. Крамарьов С.М., Шевченко М.С., Шевченко В.М. Позакореневе підживлення посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2000. № 12-13. С. 36–39.
12. Липовий В.Г. Вплив способу сівби, густоти рослин і добрив на ріст і розвиток гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Збірник наукових праць ВДАУ*. Вінниця. 2000. Вип. 7. С. 33–37.
13. Мазур В.А., Шевченко Н.В. Формування площі листової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 1–2. С. 108–114. <https://doi.org/10.31548/bio2018.01.014>
14. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою : методичні рекомендації / за ред. Є.М. Лебідя. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
15. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / за ред. М.М. Городнього. Київ : ТОВ Алефа, 2004. С. 25–42.
16. Павліченко К.В., Грабовський М.Б. Формування біометричних показників та накопичення сирової надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 98–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.14>
17. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Венедіктов О.М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 432 с.
18. Шевченко Л.А., Чмель О.П., Хоменко С.В. Вплив мікродобрив та рістрегуляторів на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах Півночі України. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.11>
19. Юрченко С.О., Степаненко Б.В. Вплив позакореневого підживлення на формування урожайності кукурудзи на зерно (*Zea mays*). *Аграрні інновації*. 2025.

- № 34. С. 193–199. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.28>
20. Юрченко С.О., Степаненко Б.В. Формування урожайності гібридів кукурудзи на зерно залежно від густоти стояння рослин. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 146. С. 158–168. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.2.21>
 21. Ssemugenze B., Ocwa A., Kuunya R., Gumisiriya C., Bojtor C., Nagy J., Széles A. And Illés Á. Enhancing maize production through timely nutrient supply: the role of foliar fertiliser application. *Agronomy*. 2025. 15 (1). 176. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010176>
- REFERENCES:**
1. Averchev, O.V., Ivaniv, M.O. & Lavrynenko, Yu.O. (2020). Indeksy vrozhaivosti ta efektyvnoi produktyvnosti u hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO za riznykh sposobiv polyvu ta volohozabezpechenosti v Posushlyvomu Stepu Ukrainy [Yield and effective productivity indices of corn hybrids of different FAO groups under different irrigation methods and moisture supply in the Arid Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 114. 3–12. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.1> [in Ukrainian]
 2. Bahan, A.V. & Ulizko, V.M. (2024). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia na urozhainist serednostyhykh hibrydiv kukurudzy (*Zea mays* L.) [The effect of foliar fertilization on the yield of mid-season corn hybrids (*Zea mays* L.)]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 140. 13–19. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.2> [in Ukrainian]
 3. Bahan, A.V. & Ulizko, V.M. (2026). Formuvannia urozhainosti serednorannikh hibrydiv kukurudzy zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia (*Zea mays* L.). [Formation of yield of medium-early corn hybrids depending on foliar fertilization (*Zea mays* L.)]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 149. 24–30 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.1.3> [in Ukrainian]
 4. Bahan, A.V., Shakalii, S.M., Kharytenko, B.R., Shevchenko, I.A., Korotushenko, K.Yu. & Datsenko, D.M. (2025). Vplyv mikrodbryv na produktyvnist hibrydiv kukurudzy (*Zea mays*) [The effect of microfertilizers on the productivity of corn hybrids (*Zea mays*)]. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 14–19 DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2025.84.2> [in Ukrainian]
 5. Bahan, A.V., Shakalii, S.M., Yurchenko, S.O., Ivashchenko, V.M., Barabolia, O.V. & Pokotylo, A.V. (2022). Formuvannia biometrychnykh pokaznykiv ta rivnia urozhainosti hibrydiv kukurudzy za hrupamy styhlosti [Formation of biometric indicators and yield levels of corn hybrids by maturity groups]. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 77. 5–8 DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1> [in Ukrainian]
 6. Bahan, A.V., Shakalii, S.M. & Yurchenko, S.O. (2022). Formuvannia produktyvnogo potentsialu hibrydiv kukurudzy za hrupamy styhlosti [Formation of the productive potential of corn hybrids by maturity groups]. *Ahrarni innovatsii*. 113. 7–11 <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.113.1> [in Ukrainian]
 7. Basiuk, P. & Hrabovskyi, M. (2025). Vplyv mikrodbryv ta rehulatoriv rostu na zminu biometrychnykh pokaznykiv roslin kukurudzy [The influence of microfertilizers and growth regulators on changes in biometric indicators of corn plants]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 78(1), 7–22 [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-1-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-1-1) [in Ukrainian]
 8. Vozhehova, R.A. & Bielov, Ya.V. (2019). Dynamika nakopychennia nadzemnoi biomasy hibrydamy kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia roslin ta udobrennia za vyroshchuvannia v umovakh zroshennia [Dynamics of aboveground biomass accumulation by corn hybrids depending on plant density and fertilization during cultivation under irrigated conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 109. Chastyna 1. 3–9 <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.1> [in Ukrainian]
 9. Vozhehova, R.A. & ta in. (2021). Morfolohichni pokaznyky hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO zalezno vid elementiv tekhnolohii za umov zroshennia [Morphological indicators of corn hybrids of different FAO groups depending on technology elements under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii*. 8. 91–99 <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14> [in Ukrainian]
 10. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P. & Kostohryz, P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. K. : Diia. 288 s. [in Ukrainian]
 11. Kramarov, S.M., Shevchenko, M.S. & Shevchenko, V.M. (2000). Pozakoreneve pidzhyvlennia posiviv hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti [Foliar fertilization of corn hybrids of different maturity groups]. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva UAAN*. 12–13. 36–39 [in Ukrainian]
 12. Lypovyi, V.H. (2000). Vplyv sposobu sivby, hustoty roslin i dobryv na rist i rozvytok hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti [The influence of sowing method, plant density and fertilizers on the growth and development of corn hybrids of different maturity groups]. *Zbirnyk naukovykh prats VDAU. Vinnytsia*. 7. 33–37 [in Ukrainian]
 13. Mazur, V.A. & Shevchenko, N.V. (2018). Formuvannia ploshchi lystkovoї poverkhni roslin hibrydiv kukurudzy zalezno vid tekhnolohichnykh pryimiv vyroshchuvannia [Formation of leaf surface area of corn hybrid plants depending on technological cultivation methods]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 10. (1–2). 108–114 <https://doi.org/10.31548/bio2018.01.014> [in Ukrainian]
 14. Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu: metodychni rekomendatsii / za red. Ye.M. Lebidia. Dnipropetrovsk, 2008. 27 s. [in Ukrainian]
 15. Naukovo-metodychni rekomendatsii z optymizatsii mineralnogo zhyvlennia silskohospodarskykh kultur ta stratehii udobrennia / za red. M.M. Horodnoho. Kyiv : TOV Alefa, 2004. S. 25–42. [in Ukrainian]
 16. Pavlichenko, K.V. & Hrabovskyi, M.B. (2022). Formuvannia biometrychnykh pokaznykiv ta nakopychennia syroi nadzemnoi masy hibrydamy kukurudzy pid vplyvom makro- i mikrodbryv [Formation of biometric indicators and accumulation of fresh aboveground mass by corn hybrids under the influence of macro- and microfertilizers]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 123. 98–111 <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.14> [in Ukrainian]
 17. Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S. & Venediktov, O.M. (2011). Systemy suchasnykh intensyvykh tekhnolohii u roslinnytstvi [Systems of modern intensive technologies in crop production]. Vinnytsia: FOP Danyliuk, 432 s. [in Ukrainian]
 18. Shevchenko, L.A., Chmel, O.P. & Khomenko, S.V. (2020). Vplyv mikrodbryv ta ristrehulatoriv na produktyvnist hibrydiv kukurudzy v umovakh Pivnochi Ukrainy [The influence of microfertilizers and growth regulators on the productivity of corn hybrids in the conditions of Northern Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*. 4. 73–78

- <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.11> [in Ukrainian]
19. Yurchenko, S.O. & Stepanenko, B.V. (2025). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia na formuvannia urozhainosti kukurudzy na zerno (*Zea mays*) [The effect of foliar fertilization on the formation of grain corn (*Zea mays*) yield]. *Ahrani innovatsii*. 34. 193–199 <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.28> [in Ukrainian]
20. Yurchenko, S.O. & Stepanenko, B.V. (2025). Formuvannia urozhainosti hibrydiv kukurudzy na zerno zalezhno vid hustoty stoiannia roslyn [Formation of grain corn hybrid yield depending on plant density]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 146. 158–168 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.2.21> [in Ukrainian]
21. Ssemugenze B., Ocwa A., Kuunya R., Gumisirya C., Bojtor C., Nagy J., Széles A. And Illés Á. Enhancing maize production through timely nutrient supply: the role of foliar fertiliser application. *Agronomy*. 2025. 15 (1). 176. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010176> [in Hungarian]

Баган А.В., Улізько В.М. Вплив позакореневого підживлення на ріст і розвиток рослин у гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.).

Мета. Мета досліджень полягала у вивченні впливу позакореневого підживлення на процеси росту і розвитку рослин та рівень урожайності гібридів кукурудзи.

Методи. Використовували польові (дослідження тривалості міжфазних періодів, накопичення сирової біомаси та сухої речовини, рівня урожайності) та статистичні (обробка результатів досліджень) методи. Предмет досліджень – гібриди кукурудзи MAS 25.F (FAO 250) і MAS 37.V (FAO 340), мікродобриво Інтермаг-Кукурудза. Схема досліду: без обробки (контроль); позакореневе підживлення у фазі 4–6 листків; позакореневе підживлення у фазі 8–10 листків; позакореневе підживлення у фазі 4–6 + 8–10 листків. Досліджували наступні показники: тривалість міжфазних періодів «сівба-сходи», «сходи-початок викидання волоті» та «сходи-повна стиглість»; накопичення сирової надземної маси та сухої речовини у рослин; площу листової поверхні, рівень урожайності. Статистична обробка результатів досліджень включала проведення дисперсійного аналізу.

Результати. Менша тривалість міжфазних періодів «сівба-сходи», «сходи-початок викидання волоті» та «сходи-повна стиглість» була у середньораннього гібриду MAS 25.F, а більша – у середньостиглого гібриду MAS 37.V. За фактором позакореневого підживлення кукурудзи найкоротший період відмічено за комплексного використання мікродобрива Інтермаг-Кукурудза, а найдовший – відповідно за варіанту без обробки.

Показники площі листової поверхні рослин, приросту сирової маси і виходу сухої речовини, рівня урожайності більшими були у гібриду кукурудзи MAS 37.V, а меншими – у гібриду MAS 25.F. За фактором обробки дані показники зменшувалися від комплексного використання препарату до варіанту-контролю.

Висновки. За рівнем урожайності виділено гібрид кукурудзи MAS 37.V за комплексної обробки мікродобривом Інтермаг-Кукурудза, який характеризувався більшим показником FAO.

Ключові слова: сира біомаса, суха речовина, площа листової поверхні, урожайність, мікродобриво.

Bahan A.V., Ulizko V.M. The effect of foliar fertilization on plant growth and development in corn hybrids (*Zea mays* L.)

Objective. The purpose of the research was to study the effect of foliar fertilization on the processes of plant growth and development and the level of yield of corn hybrids.

Methods. Field (study of the duration of interphase periods, accumulation of raw biomass and dry matter, yield level) and statistical (processing of research results) methods were used. The subject of the research was corn hybrids MAS 25.F (FAO 250) and MAS 37.V (FAO 340), microfertilizer Intermah-Kukurudza. Experimental scheme: no treatment (control); foliar fertilization in the 4–6 leaf phase; foliar fertilization in the 8–10 leaf phase; foliar fertilization in the 4–6 + 8–10 leaf phase. The following indicators were studied: the duration of the interphase periods “sowing-emergence”, “emergence-beginning of panicle ejection” and “emergence-full ripeness”; accumulation of fresh aboveground mass and dry matter in plants; leaf surface area, yield level. Statistical processing of the research results included conducting a variance analysis.

Results. The shorter duration of the interphase periods “sowing-emergence”, “emergence-beginning of panicle ejection” and “emergence-full ripeness” was in the mid-early hybrid MAS 25.F, and longer – in the mid-ripening hybrid MAS 37.V. According to the factor of foliar feeding of corn, the shortest period was observed with the complex use of microfertilizer Intermah-Kukurudza and the longest – respectively, in the variant without treatment. The indicators of the leaf surface area of plants, the growth of fresh mass and the yield of dry matter, and the level of yield were higher in the MAS 37.V corn hybrid, and lower in the MAS 25.F hybrid. By the treatment factor, these indicators decreased from the complex use of the drug to the control variant.

Conclusions. By the level of yield, the MAS 37.V corn hybrid was distinguished under the complex treatment with the microfertilizer Intermah-Kukurudza, which was characterized by a higher FAO indicator.

Key words: raw biomass, dry matter, leaf surface area, yield, microfertilizer.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ НА ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

БУЛАХ А.О. – аспірант

orcid.org/0009-0006-0008-3434

Одеський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Ріпак озимий – культура, вирощування якої потребує чіткого виконання елементів агротехнології та використання високоякісного селекційного матеріалу. Важливим фактором підвищення врожайності насіння озимого ріпаку є дотримання елементів технології його вирощування, а саме – своєчасного виконання основних технологічних прийомів у оптимальні терміни, з урахуванням генотипових особливостей та агроекологічних умов.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останніми роками набуває поширення рання сівба озимого ріпаку в липні. Після збирання ячменю ярого відразу проводять обробіток ґрунту, а озимий ріпак сіють раніше – 15–30 липня, коли у ґрунті є волога. Рання сівба позитивно впливає на розвиток кореневої системи, листового апарату. З іншого боку, надто рання сівба підвищує ризик вимерзання через активний ріст посівів в до зимовий термін. Надто пізня сівба і, як наслідок, слабкий розвиток восени, може призвести до недостатнього накопичення біомаси, часткового вимерзання і зниження врожайності [1].

Дослідженнями показано, що для умов Лісостепу Правобережного кращі строки сівби – друга та третя декади серпня, при цьому доцільно вирощувати середньостиглі генотипи ріпаку, які більш урожайний, ніж середньопізні гібриди [2]. Теоретично і практично доведено, що за меншої ширини міжрядь утворюються загущені посіви з більшою висотою травостою. У широко-рядних посівах збільшується площа живлення рослин, що сприяє більшому нагромадженню вегетативної маси. Так, дослідники відмічають, що за ширини міжрядь 15 см висота рослин гібридів становила 157–161 см. За міжряддя 40 см висота рослин у передзбиральний період зменшилася до 151–153 см. Маса 1000 насінин гібридів ріпаку озимого із збільшенням ширини міжрядь зростала від 3,8–3,9 г до 4,7–4,8 г [3].

Правильний вибір строку сівби та норми висіву є основою для гарної перезимівлі рослин, формування та отримання високого врожаю. Строки сівби – важливий елемент технології вирощування насіння озимого ріпаку і його правильний вибір є передумовою високої стійкості рослин до несприятливих умов зимівлі [4, 5]. Допущені помилки щодо строків сівби не піддаються виправленню і можуть стати причиною повної загибелі врожаю. При пізніх термінах сівби рослини не встигають сформувати достатню кількість листя в прикореневій розетці, розвинену кореневу систему. Важлива умова

при сівбі ріпаку це рівномірність розподілу насіння по площі поля, що залежить в значній мірі від способу сівби, норми висіву [6–8].

В умовах півдня України максимальну урожайність насіння гібриду озимого ріпаку, а також найвищі показники індивідуальної продуктивності рослин було зафіксовано за сівби в I декаду вересня з нормою висівання 1,1 млн шт. насінин/га. Урожайність насіння ріпаку озимого в умовах півдня України має пряму залежність з густиною стояння рослин, кількістю стручків на одній рослині, масою 1000 насінин, що було підтверджено високими коефіцієнтами кореляції [9].

У формуванні продуктивності польових культур вирішальне значення належить фотосинтетичній діяльності рослин. Відомо, що листова поверхня засвоює сонячну енергію і синтезує органічні сполуки, які формують нові органи рослин і врожай, тому розмір листової поверхні має визначний вплив на продуктивність культивгенів. Огляд літературних джерел свідчить про встановлення сильної залежності площі листової поверхні посіву рослин від впливу різних елементів технології вирощування агрокультур. Так, науковці досліджували фотосинтетичну продуктивність рослин пшениці озимої залежно від строків сівби, сорту, умов живлення та захисту рослин [10–12], пшениці ярої від дії гербіциду і регулятора росту, способів сівби та норм висіву [13], ячменю ярого залежно від удобрення та позакореневих підживлень [14], сої залежно від сорту, способу сівби і норми висіву [15, 16], кукурудзи залежно від строків сівби та систем захисту рослин в умовах зрошення [17–19] і були встановлені важливі закономірності впливу фотосинтетичних показників на продуктивність агрокультур за різних агротехнологій.

В працях багатьох дослідників висвітлена фотосинтетична діяльність рослин ріпаку озимого залежно від умов вирощування, сортів, гібридів, строків сівби, норм висіву, застосування регуляторів росту та мікродобрив, проте результати досліджень різняться між собою. Вчені відмічають, що незалежно від гібриду, максимальна площа листової поверхні в кінці осінньої вегетації виявлена за сівби 5 вересня із застосуванням в основне добриво $P_{30}K_{150}$ та NP_{90} разом із сівою ріпаку (28,0 тис. m^2/ga). Після весняного відростання і підживлень найбільша площа листової поверхні була одержана на цьому ж варіанті у період цвітіння – 56,93 тис. m^2/ga [20].



В досліджах В.В. Гамаюнової, І.М. Гаро виявлений тісний зв'язок між облистяністю рослин за фазами росту ріпаку озимого, фотосинтетичним потенціалом посівів, чистою продуктивністю фотосинтезу та урожайністю насіння [21].

Для оптимального проходження фотосинтезу посів ріпаку мусить мати певну площу листової поверхні. Проте, треба розрізняти листову поверхню як засіб нагромадження пластичних речовин для формування врожаю насіння й листову масу культур, які вирощуються для отримання кормів. У першому випадку надлишкова листовая поверхня не сприятиме високій урожайності культури, оскільки частина листків буде затінена її верхніми ярусами. Крім того, затінена частина листків не лише не дає продуктивної віддачі, а по суті є зайвою, оскільки для її формування використовується значна частина поживних речовин [22].

Застосування комбінованої система удобрення у поєднанні із ростовими регуляторами, розробленої дослідником Томчук О.С., дозволяє сформувати на ріпаку озимому за його вирощування на сірих лісових ґрунтах в умовах нестійкого зволоження площу асиміляційної поверхні на рівні 48–49 тис. м²/га за показників фотосинтетичного потенціалу на рівні 2,607–2,673 млн м² *діб/га [23].

За результатами проведеного дослідження науковцями Забарний О.С., Забарна Т.А. відмічено позитивну роль ріпаку та продуктів його переробки у формуванні продовольчої безпеки як України, так і світу. Незважаючи на такі екологічні виклики, як шкідники, хвороби та бур'яни, площі посівів під цією культурою постійно зростають, а кількість новостворених гібридів збільшується [24].

Мета статті – проаналізувати результати досліджень щодо розробки та вдосконалення елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України та визначення оптимальних параметрів фотосинтетичних показників у інноваційних генотипів ріпаку за різних строків сівби та норми висіву.

Матеріали і методи досліджень. Польові досліді зі строками сівби гібридів озимого ріпаку проведено у 2023–2024 та 2024–2025 вегетаційних роках в Тернопільській обл., с. Цицори, Зборівський район 49°35'50.9"N 25°15'39.4"E. Наявність суттєвості різниці показників визначали математичною обробкою методом дисперсійного аналізу. Схема досліді включала 4 строки сівби: 20.08, 26.08, 02.09, 09.09. Ділянки у досліді розміщали послідовно у 2 яруси з 4-разовим повторенням. Площа облікової ділянки становила 180 м². Норми висіву насіння: 350, 540, 700 тис. схожих насінин/га. Сівбу праведно пневматичною сівалкою точного висіву Nodet Goudis PneumasemII

Досліджували гібриди ріпаку озимого:

Темпо – середньопізній інтенсивний гібрид селекції Lembke із високим вмістом олії. Гібрид має високу зимостійкість, стійкість до вилягання та розтріскування стручків, а також резистентність до фомозу та вірусу пожовтіння турнепсу.

Арканзас (Limagrain) – середньоранній гібрид. Має толерантність до фомозу, а також має високу толерантність до вертицильозу і склеротинії, що дозволяє

отримувати стабільно високі врожаї в різних умовах вирощування.

ДК Іммінент від Monsanto (Dekalb) – середньостиглий гібрид озимого ріпаку, призначений для системи Clearfield.

Детермінацію фенологічного розвитку гібридів ріпаку озимого у досліді проводили, застосовуючи стандартну шкалу BBCH для даної культури.

Дослідження виконано згідно з загальноприйнятими методиками [25].

Результати досліджень. Фенологічні та біометричні спостереження за ростом і розвитком рослин гібридів ріпаку озимого впродовж вегетаційного періоду показали, що висота рослин залежить від строку сівби, норми висіву, генотипу гібриду і свого максимуму набуває у фазу цвітіння (табл. 1).

Висота рослин – генетична ознака тому не виходить за межі коливань притаманних гібриду. Серед гібридів спостерігається стабільна різниця: ДК Іммінент – формує найвищі рослини (до 189,1 см), Темпо – займає середню позицію (до 183 см), Арканзас – найнижчі рослини (максимальна висота рослини – 149,9 см).

Установлено, що максимальну висоту рослин ріпаку озимого спостерігали за густоти 700 тис. рослин/га. Ця тенденція характерна для всіх строків сівби і гібридів. Так, в середньому за роки досліджень висота рослин у фазі цвітіння за густоти 700 тис. рослин/га становила – 170,7 см, за густоти 540 тис. рослин/га – 167,8 см, за густоти 350 тис. рослин/га – 163,1 см.

Найбільшу висоту рослин забезпечують ранні строки сівби (20–26 серпня), гібрид ДК Іммінент та підвищена норма висіву (700 тис. насінин/га).

Стосовно впливу строків сівби, чітко простежується тенденція – чим раніш строк сівби, тим вища рослина. За сівби 20.08 встановлені найбільші показники висоти рослин (середнє значення – 167,3 см), за сівби 26.08 висота рослин становила 169,3 см, за сівби 02.09 висота становила 168,8 см. Найменша висота рослин спостерігались за сівби 09.09 – 163,6 см.

Отже, оптимальні строки сівби для формування висоти рослин гібридів ріпаку – кінець серпня (20–26.08), тоді як перенесення сівби до 9 вересня знижує висоту рослин.

Вчені відмічають, що для одержання високих урожаїв насіння ріпаку озимого необхідно, щоб площа листової поверхні ріпаку мала оптимальний розмір у період найбільш активної фази онтогенезу рослин [1, 2].

Встановлено, що максимального розвитку листовая поверхня досягає в період цвітіння відповідно на всіх досліджуваних варіантах. Однак спостерігається й суттєвий вплив факторів, що вивчали (табл. 2).

Фаза цвітіння (BBCH 61–70) тривала 20–25 днів. Це одна із найбільш критичних фаз розвитку культури, під час якої важливою є наявність вологи, адже у разі її дефіциту рослини формують меншу кількість квіток і площу листків, а вже сформовані пагони можуть відмирати. При цьому, рослини гірше засвоюють поживні речовини і знижується їхня стійкість до хвороб. Встановлено, що в середньому за роки досліджень гібриди у фазу цвітіння (BBCH 61–70) формують найбільшу листову поверхню,

Таблиця 1

Висота рослин гібридів ріпаку озимого у фазу цвітіння (ВВСН 61–70), см

Строк сіяби (фактор А)	Гібрид (фактор Б)	Норма висіву, тис. сх. нас./га	Висота рослин, см				
			2023–2024 вегетаційний рік	2024–2025 вегетаційний рік	Середнє за 2023–2025 рр.	Середнє по фактору Б	Середнє по фактору В
20.08	Арканзас	350	138,4	143,7	141,1	142,9	163,1
		540	142,5	147,9	145,2		167,8
		700	147,4	149,9	148,7		170,7
	Темпо	350	169,2	175,5	172,4	177,0	
		540	172,4	179,8	176,1		
		700	175,8	180,2	178,0		
	ДК Іммінент	350	174,9	180,3	177,6	181,7	
		540	179,8	185,4	182,6		
		700	181,1	186,7	183,9		
Середнє по фактору А			164,6	169,9	167,3		
26.08	Арканзас	350	137,4	141,7	139,6		
		540	143,5	147,9	145,7		
		700	148,4	149,9	149,2		
	Темпо	350	174,0	179,4	176,7		
		540	177,3	182,8	180,1		
		700	180,6	185,2	182,9		
	ДК Іммінент	350	176,2	181,6	178,9		
		540	181,0	186,6	183,8		
		700	185,3	187,9	186,6		
Середнє по фактору А			167,1	171,4	169,3		
02.09	Арканзас	350	136,5	140,7	138,6		
		540	140,6	144,9	142,8		
		700	146,4	148,8	147,1		
	Темпо	350	170,1	175,4	172,8		
		540	176,3	181,8	179,1		
		700	179,7	183,2	181,5		
	ДК Іммінент	350	180,0	185,6	182,8		
		540	182,0	187,6	184,8		
		700	188,2	189,9	189,1		
Середнє по фактору А			166,8	170,7	168,8		
09.09	Арканзас	350	131,5	135,6	133,6		
		540	139,5	139,7	139,6		
		700	145,3	141,5	143,4		
	Темпо	350	166,3	171,4	168,9		
		540	174,4	179,8	177,1		
		700	177,8	180,2	179,0		
	ДК Іммінент	350	172,0	177,3	174,7		
		540	174,0	179,4	176,7		
		700	178,3	180,7	179,5		
Середнє по фактору А			162,1	165,1	163,6		
X			165,1	169,3	167,2		
S _x			1,12	1,94	1,53		
V, %			3,71	2,68	3,70		

Таблиця 2

Площа листової поверхні гібридів ріпаку озимого у фазу цвітіння (ВВСН 61–70), тис. м²/га

Строк сіви (фактор А)	Гібрид (фактор Б)	Норма висіву, тис. сх. нас./га	Площа листя тис. м²/га				
			2023–2024 вегетаційний рік	2024–2025 вегетаційний рік	Середнє за 2023–2025 рр.	Середнє по фактору Б	Середнє по фактору В
20.08	Арканзас	350	37,14	38,18	37,66	37,68	37,32
		540	38,32	39,43	38,88		38,25
		700	38,99	39,13	39,06		40,08
	Темпо	350	39,15	40,62	39,89	40,39	
		540	40,45	41,65	41,05		
		700	42,73	43,22	42,98		
	ДК Іммінент	350	36,95	37,88	37,42	37,56	
		540	37,43	39,22	38,33		
		700	39,36	40,77	40,07		
Середнє по фактору А			38,94	40,01	39,48		
26.08	Арканзас	350	36,11	37,15	36,63		
		540	37,28	38,41	37,85		
		700	38,12	39,07	38,60		
	Темпо	350	40,01	41,77	40,89		
		540	41,46	42,66	42,06		
		700	43,93	44,33	44,13		
	ДК Іммінент	350	35,95	36,88	36,42		
		540	36,43	38,22	37,33		
		700	39,36	40,77	40,07		
Середнє по фактору А			38,74	39,92	39,33		
02.09	Арканзас	350	36,46	37,21	36,84		
		540	37,11	38,12	37,62		
		700	37,99	39,05	38,52		
	Темпо	350	38,01	39,77	38,89		
		540	39,46	40,66	40,06		
		700	40,72	41,33	41,03		
	ДК Іммінент	350	34,95	35,81	35,38		
		540	35,44	36,11	35,78		
		700	39,36	40,77	40,07		
Середнє по фактору А			37,72	38,76	38,24		
09.09	Арканзас	350	35,12	36,19	35,66		
		540	36,15	37,08	36,62		
		700	37,71	38,98	38,35		
	Темпо	350	36,01	37,77	36,89		
		540	37,46	38,12	37,79		
		700	38,77	39,41	39,09		
	ДК Іммінент	350	34,71	35,84	35,28		
		540	35,22	36,11	35,67		
		700	38,36	39,76	39,06		
Середнє по фактору А			36,61	37,70	37,16		
X			38,01	39,10	38,56		
S _x			0,54	0,45	0,43		
V. %			2,52	2,64	2,75		

яка знаходиться в межах від 35,12 до 44,13 тис. м²/га. Під час цвітіння площа листя досягає максимуму і після цього починається процес відмирання та усихання.

Генотип гібриду впливав на площу листкової поверхні. У середньому за гібридами найбільша площа листків рослин складала 40,39 тис. м²/га у гібриду Темпо, а найменшою була у гібриду ДК Іммімент і дорівнювала 37,56 тис. м²/га.

Проте підвищення площі листкової поверхні у ценозі не завжди може бути позитивною ознакою, оскільки у разі загущення посівів можливе затінення і, як наслідок, збільшення внутрішньовидової конкуренції, зменшення фотосинтетичної активності (рис. 1).

Рисунок 1 відображає кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння гібридів ріпаку озимого від площі листя. На графіку представлено три гібриди: Темпо, ДК Іммімент та Арканзас, для яких побудовано відповідні регресійні криві та наведено коефіцієнти кореляції.

Аналіз кривих свідчить, що залежність між досліджуваними показниками має нелінійний, близький до параболічного характер. Для всіх гібридів характерне зростання урожайності зі збільшенням площі листя до певного оптимального рівня, після чого спостерігається її зниження. Це вказує на існування оптимальних параметрів площі листкової поверхні, за якої формуються найсприятливіші умови для фотосинтетичної діяльності рослин і, відповідно – максимальна продуктивність.

Для гібриду Темпо ($r = 0,133$) встановлено слабку силу кореляційного зв'язку. Максимальна урожайність досягається за площі листя близько 36–37 тис. м²/га, після чого спостерігається зниження показника урожайності. У гібриду ДК Іммімент ($r = 0,411$) виявлено найбільш тісний зв'язок між ознаками. Крива має зміщення в бік більших значень площі листя, а максимальна

урожайність формується за показників близько 41–42, що свідчить про ефективніше використання більш розвиненої листкової поверхні. Для гібриду Арканзас ($r = 0,174$) характерний слабкий кореляційний зв'язок, а також нижчий рівень максимальної урожайності та більш різке її зниження за перевищення оптимальної площі листя. В цілому, урожайність насіння гібридів ріпаку озимого має явно виражену криволінійну залежність з площею листкової поверхні посіву, що акцентує увагу на дослідженнях щодо встановлення оптимальної площі фотосинтетичної поверхні задля розкриття потенціалу продуктивності генотипу.

Отже, результати дослідження підтверджують, що величина площі листя є важливим фактором формування урожайності ріпаку озимого, проте її вплив суттєво варіює залежно від генотипових особливостей гібриду. Встановлено, що для кожного гібриду існує індивідуальний оптимум розвитку листкової поверхні, перевищення якого призводить до зниження продуктивності. Це необхідно враховувати при розробці елементів технології вирощування культури.

Установлено, що фотосинтетичний потенціал (ФП) посіву ріпаку озимого залежав від біологічних особливостей гібриду, строків сівби та норми висіву.

Стосовно показника «фотосинтетичний потенціал» простежується чітка закономірність: зі зміщенням строків сівби на пізніші дати фотосинтетичний потенціал зменшується. За посіву 20.08 спостерігався найвищий рівень фотосинтетичного потенціалу – 2,495 млн м²* діб/га (табл. 3)

Гібриди ріпаку озимого суттєво відрізняються за рівнем фотосинтетичного потенціалу. Дослідженнями встановлено, що найвищі показники фотосинтетичного потенціалу рослин ріпаку озимого показав гібрид Темпо – 2,564 млн м²* діб/га, мінімальні показники

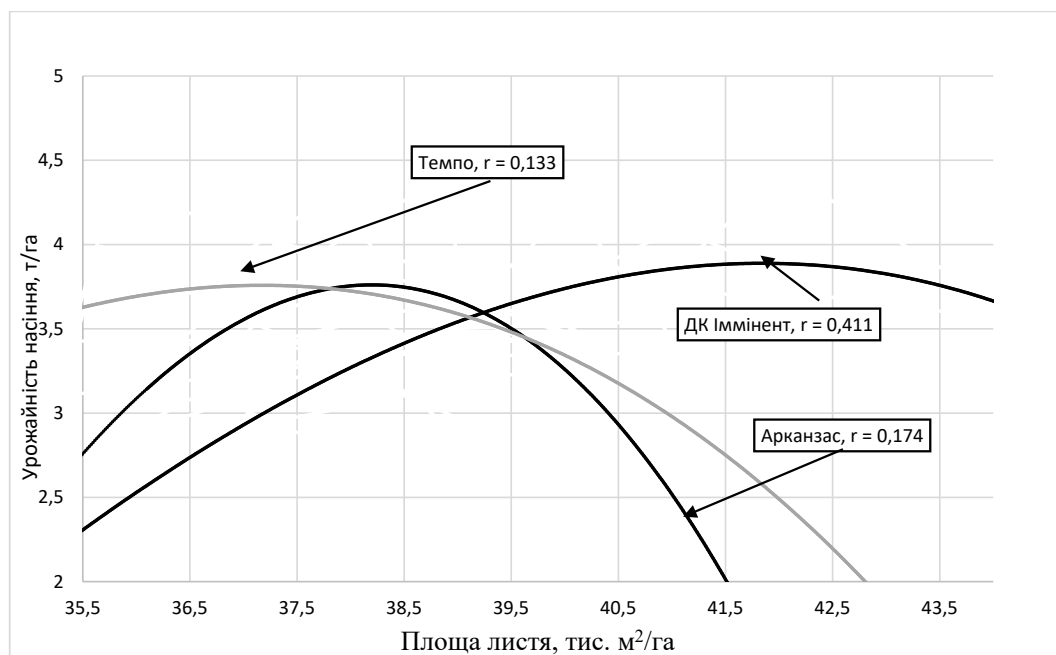


Рис. 1. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння гібридів ріпаку озимого та площі листя

Таблиця 3

Фотосинтетичний потенціал гібридів ріпаку озимого, млн м² *діб/га

Строк сіви (фактор А)	Гібрид (фактор Б)	Норма висіву, тис. сх. нас./га	фотосинтетичний потенціал, млн м² діб/га					
			2023–2024 вегетаційний рік	2024–2025 вегетаційний рік	Середнє за 2023–2025 рр.	Середнє по фактору Б	Середнє по фактору В	
20.08	Арканзас	350	2,584	2,595	2,590	2,427	2,445	
		540	2,607	2,612	2,610		2,494	
		700	2,565	2,574	2,570		2,403	
	Темпо	350	2,565	2,572	2,569	2,564		
		540	2,612	2,625	2,619			
		700	2,375	2,417	2,396			
	ДК Іммінент	350	2,362	2,372	2,367	2,353		
		540	2,423	2,444	2,434			
		700	2,289	2,311	2,300			
Середнє по фактору А			2,487	2,502	2,495			
26.08	Арканзас	350	2,481	2,487	2,484			
		540	2,495	2,501	2,498			
		700	2,461	2,469	2,465			
	Темпо	350	2,619	2,625	2,622			
		540	2,658	2,667	2,663			
		700	2,581	2,594	2,588			
	ДК Іммінент	350	2,321	2,338	2,330			
		540	2,448	2,457	2,453			
		700	2,219	2,231	2,225			
Середнє по фактору А			2,476	2,485	2,481			
02.09	Арканзас	350	2,329	2,334	2,332			
		540	2,451	2,457	2,454			
		700	2,311	2,329	2,320			
	Темпо	350	2,589	2,611	2,600			
		540	2,638	2,642	2,640			
		700	2,547	2,551	2,549			
	ДК Іммінент	350	2,441	2,448	2,445			
		540	2,451	2,457	2,454			
		700	2,429	2,431	2,430			
Середнє по фактору А			2,465	2,473	2,469			
09.09	Арканзас	350	2,235	2,241	2,238			
		540	2,251	2,257	2,254			
		700	2,221	2,238	2,230			
	Темпо	350	2,421	2,527	2,474			
		540	2,512	2,611	2,562			
		700	2,462	2,485	2,474			
	ДК Іммінент	350	2,261	2,267	2,264			
		540	2,271	2,284	2,278			
		700	2,239	2,243	2,241			
Середнє по фактору А			2,319	2,350	2,335			
X			2,447	2,453	2,445			
S _x			0,09	0,08	0,08			
V, %			5,8	5,4	5,6			

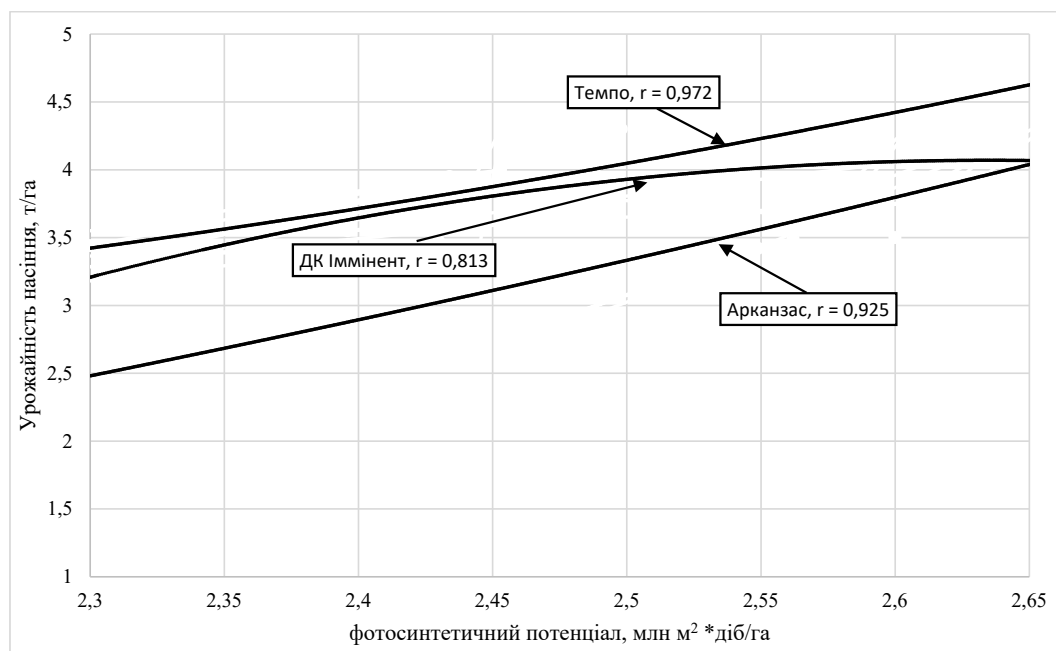


Рис. 2. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння гібридів ріпаку озимого та фотосинтетичного потенціалу

показав гібрид ДК Іммінент – 2,353 млн м²* д/б/га. Гібрид Арканзас показав середні значення – 2,427 млн м²* д/б/га.

Результати досліджень свідчать, що найменший фотосинтетичний потенціал сформовано рослинами за сівби 09.09 – 2,319–2,350 млн м²* д/б/га. Максимальні показники зафіксовано за сівби 20.08 – 2,487–2,502 млн м²* д/б/га. Результати дослідження засвідчили, що ранній посів сприяє формуванню більш потужного асиміляційного апарату та тривалішому періоду його функціонування.

Вплив норми висіву був менш однозначним, ніж у попередніх показників. Найчастіше оптимальною була норма 540 тис. нас./га – 2,494 млн м²* д/б/га (максимум), яка забезпечує максимальний ФП. За густоти 350 тис. нас./га показники були дещо нижчі (2,445 млн м²* д/б/га), а за густоти 700 тис. нас./га часто спостерігається зниження ФП через загущення посівів (2,403 млн м²* д/б/га).

Найвищий фотосинтетичний потенціал формується за ранніх строків сівби (20–26 серпня), при використанні гібриду Темпо та норми висіву 540 тис. схожих насінин/га. Загущення посівів (700 тис. схожих насінин/га) або запізнення з сівбою знижують ефективність фотосинтетичної діяльності рослин.

На рисунку 2 показана залежність урожайності насіння від фотосинтетичного потенціалу. По осі Х – фотосинтетичний потенціал (від 2,3 до 2,65), по осі Y – урожайність (від 1 до 5 т/га).

Для всіх гібридів спостерігається позитивна залежність: зі збільшенням фотосинтетичного потенціалу урожайність зростає. Найсильніший зв'язок – у сорту Темпо ($r = 0,972$), найслабший – у ДК Іммінент ($r = 0,813$). Темпо є найпродуктивнішим у всьому діапазоні, тоді як Арканзас має найбільший приріст відносно початкового рівня. Загалом графік демонструє, що підвищення фотосинтетичного потенціалу є важливим фактором збільшення врожайності незалежно від сорту. В цілому,

така залежність підтверджує загально відому біологічну аксіому, що більш продуктивними є агрокультури з подовженою тривалістю періоду вегетації. Проте, така закономірність спостерігається тільки в умовах оптимального забезпечення рослин живленням, вологою, інсоляцією, температурним оптимумом.

Висновки та пропозиції. За результатами проведених досліджень встановлено, що максимальну висоту рослин гібридів ріпаку озимого спостерігали за густоти 700 тис. рослин/га. Ця тенденція характерна для всіх строків сівби і гібридів. Стосовно впливу строків сівби чітко простежується тенденція: чим раніш строк сівби, тим вища рослина. Найвищу висоту рослин забезпечують ранні строки сівби (20–26 серпня), гібрид ДК Іммінент та підвищена норма висіву (700 тис. насінин/га).

Генотип гібриду впливав на площу листової поверхні. Найбільша площа листків рослин складала 40,39 тис. м²/га у гібриду Темпо. Для всіх гібридів характерне зростання урожайності зі збільшенням площі листової поверхні посіву до певного рівня, після чого спостерігається її зниження. Це вказує на існування оптимальної площі листової поверхні, за якої формуються найсприятливіші умови для фотосинтетичної діяльності рослин і, відповідно, максимальна продуктивність.

За сівби 20 серпня спостерігався найвищий рівень фотосинтетичного потенціалу – 2,495 млн м²* д/б/га в середньому за гібридами. Найвищий показник фотосинтетичного потенціалу показав гібрид Темпо – 2,564 млн м²* д/б/га. Результати досліджень свідчать, що найменший фотосинтетичний потенціал сформовано рослинами за сівби 09.09 – 2,319–2,350 млн м²* д/б/га. Максимальні показники зафіксовано за сівби 20.08 – 2,487–2,502 млн м²* д/б/га. Результати дослідження засвідчили, що ранній посів сприяє формуванню більш потужного асиміляційного апарату та

тривалішому періоду його функціонування. Підвищення фотосинтетичного потенціалу є важливим фактором збільшення врожайності незалежно від сорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. 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. 169–178. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.17>.
2. Vann R. A., Reberg-Horton S. C., Brinton C. M. Row spacing and seeding rate effects on canola population, weed competition, and yield in winter organic canola production. *Agronomy Journal*. 2016. Vol. 108. № 6. P. 2425–2432. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.02.0097>.
3. Забарний О. С., Забарна Т. А. Формування продуктивності гібридів ріпаку озимого залежно від ширини міжрядь. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 5/105. [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.008](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.008).
4. Дідур І. М., Банул С. О. Урожайність ріпаку озимого залежно від системи удобрення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 147. Частина 1. С. 137–143. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.18>.
5. Шкатула Ю. М., Дідик О. А. Продуктивність ріпаку озимого в умовах ФГ «Врожайне» Вінницької області. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. № 1 (107). [https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.009](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.009).
6. Ткачук О. П., Разанов С. Ф., Банул С. О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 175–181. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>.
7. Гарбар Л., Довбаш Н., Венгер В., Bensehoub A., Іваницька А. Формування структури врожаю ріпаку озимого за впливу умов живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. № 74(2). С. 62–70. [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-6).
8. Волощук О. П., Случак О. М., Распутенко А. О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64. С. 44–55. [https://doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-4).
9. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Вплив структурних показників на урожайність насіння ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в Південному Степу України. *Наукові доповіді Нац. університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_16 (дата звернення: 08.04.25).
10. Білоусова З. В., Кенєва В. А. Вплив системи мінерального живлення на роботу листового апарату рослин пшениці озимої. *Вісник Сумського нац. аграрного університету. Сер. Агрономія і біологія*. 2022. Вип. 3(49). С. 9–15. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.2>.
11. Вожегова Р. А., Сергєєв Л. А. Фотосинтетична діяльність насінневих посівів пшениці озимої залежно від удобрення та захисту рослин в умовах Півдня України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 2(72). <https://doi.org/10.31548/dopovidi.2018.02.014>.
12. Свідерко М. С., Шувар А. М., Ткаченко Л. Ю. та ін. Фотосинтетична продуктивність рослин озимої пшениці залежно від строків сівби й умов живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58(II). С. 90–97.
13. Рожков А. О. Показники фотосинтетичного потенціалу пшениці ярої залежно від впливу способів сівби та норм висіву. *Агробіологія*. 2014. № 2. С. 68–73.
14. Тинько В. В. Фотосинтетична продуктивність посівів ячменю ярого залежно від удобрення та позакоренових підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 24. С. 241–250. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-1-18>.
15. Дідора В. Г., Баранов А. І., Ступницька О. С. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від норм висіву та строків посіву в умовах Полісся України. *Вісник Сумського нац. аграрного університету. сер. Агрономія і біологія*. 2013. Вип. 3(25). С. 138–140.
16. Лотиш І. І. Формування площі листової поверхні посівів сої залежно від сорту, способу сівби та норми висіву в умовах недостатнього зволоження Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1/2. С. 167–171.
17. Marchenko T., Kryvenko A., Dzham M., Bazylenko Y., Mishchenko S. The effectiveness of biological preparations for the protection of different FAO groups maize hybrids in the Northern Steppe of Ukraine. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol. 19. P. 78–82.
18. Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С. В., Лавриненко Ю. О., Базиленко Є. О., Марченко В. Д. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів кукурудзи залежно від строків сівби в умовах Північного Степу. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 63–70. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.9>.
19. Паламарчук В. Д. Вплив строків сівби на площу листової поверхні гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник Львів. національного аграрного університету. Агрономія*. 2018. № 22(1). С. 290–299.
20. Бахмат М. І., Сендецький І. В., Фотосинтетична продуктивність рослин ріпаку озимого залежно від норм висіву та застосування регулятора росту «Вермийодіс». *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2020. Vol. 11, № 3. С. 51–60.
21. Гамаюнова В., Гаро І. Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого залежить від впливу елементів технології в умовах лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 3. С. 38–45. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3\(111\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3(111)).
22. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Прищепо М. М., Шапарь Л. В. Формування фотосинтетичного потенціалу у сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норми висіву. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 65. С. 75–80.
23. Томчук О. С. Формування асиміляційної поверхні ріпаку озимого залежно від варіантів поєднання рістрегулюючих компонентів та удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143. Ч. 2. С. 114–130. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.14>.

24. Забарний О. С., Забарна Т. А. Екологічні ризики при вирощуванні ріпаку. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 114–118. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2024.3149297
 25. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2>
- REFERENCES:**
1. Bezkorovainyi, V. M., & Moisiienko, V. V. (2024). Formuvannya vrozhaivosti ta yakosti nasinnia ripaku ozymoho zalezno vid hibrydiv i sposobiv sivyby v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Formation of yield and quality of winter rapeseed depending on hybrids and sowing methods in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychyykh nauk*, 9, 169–178. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.17> [in Ukrainian].
 2. Vann, R.A., Reberg-Horton, S.C., & Brinton, C.M. (2016). Row spacing and seeding rate effects on canola population, weed competition, and yield in winter organic canola production. *Agronomy Journal*, 108(6), 2425–2432. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.02.0097>.
 3. Zabarnyi, O. S., & Zabarna, T. A. (2023). Formuvannya produktyvnosti hibrydiv ripaku ozymoho zalezno vid shyryny mizhriad [Formation of productivity of winter rapeseed hybrids depending on the row spacing]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 5/105. [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.008](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.008) [in Ukrainian].
 4. Didur, I. M., & Banul, S. O. (2026). Urozhaivist ripaku ozymoho zalezno vid systemy udobrennia [Yield of winter rapeseed depending on the fertilization system]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 147(1), 137–143. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.1.18> [in Ukrainian].
 5. Shkatula, Yu. M., & Didyk, O. A. (2024). Produktyvnist ripaku ozymoho v umovakh FH «Vrozhaivne» Vinnytskoi oblasti [Productivity of winter rapeseed under the conditions of the Vrozhaivne Farm of Vinnytsia region]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy* 1(107). [https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.009](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.009) [in Ukrainian].
 6. Tkachuk O. P., Razanov S. F., & Banul S. O. (2024). Naukovi pryntsypy pidboru sortiv i hibrydiv ripaku ozymoho [Scientific principles of selection of varieties and hybrids of winter rape]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychyykh nauk*, 7, 175–181. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19> [in Ukrainian].
 7. Harbar, L., Dovbush, N., Venher, V., Benselhou, A., & Ivanytska, A. (2023). Formuvannya struktury vrozhaiv ripaku ozymoho za plyvu umov zhyvlennia. [Formation of the structure of winter rapeseed yield under changing nutritional conditions]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 74(2), 62–70. [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-2-6). [in Ukrainian].
 8. Voloshchuk, O.P., Sluchak, O.M., & Rasputenko, A.O. (2018). Produktyvnist ripaku ozymoho zalezno vid strokiv, sposobiv sivyby ta norm vysivu nasinnia [Productivity of winter rapeseed depending on the timing, sowing methods and seed sowing rates]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 64, 44–55. [https://doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-4) [in Ukrainian].
 9. Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., & Shapar, L. V. (2016). Vplyv strukturnykh pokaznykiv na urozhaivist nasinnia ripaku ozymoho zalezno vid strokiv sivyby ta norm vysivu v Pivdennomu Stepu Ukrainy [The influence of structural indicators on the yield of winter rapeseed depending on the sowing dates and sowing rates in the Southern Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Nats. universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 5, URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_16 [in Ukrainian].
 10. Bilousova, Z. V., & Kenieva, V. A. (2022). Vplyv systemy mineralnoho zhyvlennia na robotu lystovoho aparatu roslyn pshehytsi ozymoi [The influence of the mineral nutrition system on the work of the leaf apparatus of winter wheat plants]. *Visnyk Sumskoho nats. ahromoho universytetu. Ser. Ahronomiia i biolohiia*, 3(49), 9–15. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.2> [in Ukrainian].
 11. Vozhehova, R. A., & Serhieiev, L. A. (2018). Fotosyntetychna diialnist nasinnievyykh posiviv pshehytsi ozymoi zalezno vid udobrennia ta zakhystu roslyn v umovakh Pivdnia Ukrainy [Photosynthetic activity of winter wheat seed crops depending on fertilization and plant protection in the conditions of Southern Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 2(72), <https://doi.org/10.31548/dopovidi.2018.02.014> [in Ukrainian].
 12. Sviderko, M. S., Shuvar, A. M., & Tkachenko, L. Yu. (2015). Fotosyntetychna produktyvnist roslyn ozymoi pshehytsi zalezno vid strokiv sivyby y umov zhyvlennia [Photosynthetic productivity of winter wheat plants depending on sowing dates and nutrition conditions]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 58(II), 90–97 [in Ukrainian].
 13. Rozhkov, A. O. (2014). Pokaznyky fotosyntetychnoho potentsialu pshehytsi yaroї zalezno vid vplyvu sposobiv sivyby ta norm vysivu [Indicators of photosynthetic potential of spring wheat depending on the influence of sowing methods and seeding rates]. *Ahrobiolohiia*, 2, 68–73 [in Ukrainian].
 14. Tynko, V. V. (2022). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv yachmeniu yaroho zalezno vid udobrennia ta pozakorenevyykh pidzhyvlen [Photosynthetic productivity of spring barley crops depending on fertilizer and foliar top dressing]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 24, 241–250. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-1-18> [in Ukrainian].
 15. Didora, V. H., Baranov, A. I., & Stupnitska, O. S. (2013). Formuvannya fotosyntetychnoho aparatu soi zalezno vid norm vysivu ta strokiv posivu v umovakh Polissia Ukrainy [Formation of the photosynthetic apparatus of soybean depending on the sowing rates and sowing dates in the conditions of Polissya, Ukraine]. *Visnyk Sumskoho nats. ahromoho universytetu. ser. Ahronomiia i biolohiia*, 3(25), 138–140 [in Ukrainian].
 16. Lotysh, I. I. (2017). Formuvannya ploshchi lystkovoi poverkhni posiviv soi zalezno vid sortu, sposobu sivyby ta normy vysivu v umovakh nedostatnoho zvolozhennia Lisostepu [Formation of the leaf surface area of soybean crops depending on the variety, sowing method and seeding rate in conditions of insufficient moisture in the Forest-Steppe]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahromoi akademii*, 1/2, 167–171 [in Ukrainian].

17. Marchenko, T., Kryvenko, A., Dzham, M., Bazylenko, Y., & Mishchenko, S. (2024). The effectiveness of biological preparations for the protection of different FAO groups maize hybrids in the Northern Steppe of Ukraine. *Modern Phytomorphology*, 19, 78–82.
18. Marchenko, T. Yu., Piliarska, O. O., Mishchenko, S. V., Lavrynenko, Yu. O., Bazylenko, Ye. O., & Marchenko, V. D. (2024). Osoblyvosti fotosyntetichnoi diialnosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid strokiv sivby v umovakh Pivnichnoho Stepu [Peculiarities of photosynthetic activity of corn hybrids depending on sowing dates in the conditions of the Northern Steppe]. *Ahrarni innovatsii*, 26, 63–70. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2024.26.9>.
19. Palamarchuk, V. D. (2018). Vplyv strokiv sivby na ploshchu lystkovoi poverkhni hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti [The influence of sowing dates on the leaf surface area of corn hybrids of different maturity groups]. *Visnyk Lviv. natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*, 22(1), 290–299 [in Ukrainian].
20. Bakmat, M. I., & Sendetskyi, I. V., (2020). Fotosyntetichna produktyvnist roslin ripaka ozymoho zalezno vid norm vysivu ta zastosuvannia rehuliatora rostu «Vermiyodis» [Photosynthetic productivity of winter rapeseed plants depending on sowing rates and application of the growth regulator "Vermiyodis"]. *Zbirnyk naukovykh prats Podilskoho derzhavnogo ahrarno-tekhnichnoho universytetu*, 11(3), 51-60 [in Ukrainian].
21. Hamaiunova, V., & Haro, I. (2021). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia rapsu ozymoho zalezhyt vid vplyvu elementiv tekhnolohii v umovakh lisostepa Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*, 3, 38–45. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3\(111\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-3(111)) [in Ukrainian].
22. Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., Pryshchepo, M. M., & Shapar, L. V. (2016). Formuvannia fotosyntetichnoho potentsialu u sortiv ripaku ozymoho zalezno vid strokiv sivby ta normy vysivu [Formation of photosynthetic potential in winter rapeseed varieties depending on sowing dates and seeding rates. Irrigated agriculture]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 65, 75-80 [in Ukrainian].
23. Tomchuk, O. S. (2025). Formuvannia asimiliatsiinoi poverkhni ripaku ozymoho zalezno vid variantiv poiednannia ristrehuliuiuchykh komponentiv ta udobrennia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. [Formation of the assimilation surface of winter rapeseed depending on the options for combining growth-regulating components and fertilization in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky*, 143(2), 114–130. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.14>
24. Zabarnyi, O. S., & Zabarna, T. A. (2024). Ekolohichni ryzyky pry vyroshchuvanni ripaku [Environmental risks in growing rapeseed]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 3, 114–118. <https://doi.org/110.33730/2310-4678.3.2024.314929>.
25. Prysiashniuk, O. I., Klymovych, N. M., & Polunina, O. V. (2021). Metodolohiia i orhanizatsiia naukovykh doslidzhen v silskomu gospodarstvi ta kharchovykh tekhnolohiiakh [Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies]. Kyiv: Nilan-LTD, 300 <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2>

Булах А.О. Урожайність ріпаку озимого залежно від елементів агротехнології в умовах Західного Лісостепу України

Мета статті – проаналізувати результати досліджень щодо розробки та вдосконалення елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України та визначення оптимальних параметрів фотосинтетичних показників культури. **Методи та матеріали досліджень:** польовий, математико-статистичний, розрахунково-порівняльний. Польові досліді зі строками сівби гібридів озимого ріпаку проведено у 2023–2024 та 2024–2025 вегетаційних роках в Тернопільській обл., с. Цицори, Зборівський район 49°35'50.9"N 25°15'39.4"E. **Результати.** Установлено, що максимальну висоту рослин ріпаку озимого спостерігали за густоти 700 тис. рослин/га. Ця тенденція характерна для всіх строків сівби і гібридів. Так, в середньому за роки досліджень висота рослин у фазі цвітіння за густоти 700 тис. рослин/га становила – 170,7 см, за густоти 540 тис. рослин/га – 167,8 см, за густоти 350 тис. рослин/га – 163,1 см. Найвищу висоту рослин забезпечують ранні строки сівби (20–26 серпня), гібрид ДК Іммінент та підвищена норма висіву (700 тис. насінин/га). За сівби 20.08 встановлені найбільші показники висоти рослин (середнє значення – 167,3 см), за сівби 26.08 висота рослин становила 169,3 см, за сівби 02.09 висота становила 168,8 см. Встановлено, що в середньому за роки досліджень гібриди у фазу цвітіння (ВВСН 61–70) формують найбільшу листову поверхню, яка знаходиться в межах від 35,12 до 44,13 тис. м²/га. Під час цвітіння площа листя досягає максимуму і після цього починається процес відмирання та усихання. Генотип гібриду впливав на площу листової поверхні. Найбільша площа листків рослин складала 40,39 тис. м²/га у гібриду Темпо, а найменшою була у гібриду ДК Іммінент і дорівнювала 37,56 тис. м²/га. Дослідженнями встановлено, що найвищі показники фотосинтетичного потенціалу рослин ріпаку озимого показав гібрид Темпо – 2,564 млн м²* діб/га, мінімальні показники показав гібрид ДК Іммінент – 2,353 млн м²* діб/га. Гібрид Арканзас показав середні значення – 2,427 млн м²* діб/га. Результати досліджень свідчать, що найменший фотосинтетичний потенціал сформовано рослинами за сівби 09.09 – 2,319–2,350 млн м²* діб/га. Максимальні показники зафіксовано за сівби 20.08 – 2,487–2,502 млн м²* діб/га. Результати дослідження засвідчили, що ранній посів сприяє формуванню більш потужного асиміляційного апарату та тривалішому періоду його функціонування. Вплив норми висіву був менш однозначним, ніж у попередніх показників. Найчастіше оптимальною була норма 540 тис. нас./га – 2,494 млн м²* діб/га (максимум), яка забезпечує максимальний ФП. За густоти 350 тис. нас./га показники були дещо нижчі (2,445 млн м²* діб/га), а за густоти 700 тис. нас./га часто спостерігається зниження ФП через загущення посівів (2,403 млн м²* діб/га). Найвищий фотосинтетичний потенціал формується за ранніх строків сівби (20–26 серпня), при використанні гібриду Темпо та норми висіву 540 тис. схожих насінин/га. Загущення посівів (700 тис. схожих насінин/га) або запізнення з сівбою знижують ефективність фотосинтетичної діяльності рослин. **Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що максимальну висоту рослин гібридів ріпаку озимого спостерігали за густоти 700 тис. рослин/га. Ця тенденція характерна для всіх строків сівби і гібридів. Стосовно впливу строків сівби чітко простежується тенденція: чим раніш строк сівби,

тим вища рослина. Найвищу висоту рослин забезпечують ранні строки сівби (20–26 серпня), гібрид ДК Іммімент та підвищена норма висіву (700 тис. насінин/га). Генотип гібриду впливав на площу листової поверхні. Найбільша площа листків рослин складала 40,39 тис. м²/га у гібриду Темпо. Для всіх гібридів характерне зростання урожайності зі збільшенням площі листової поверхні посіву до певного рівня, після чого спостерігається її зниження. Це вказує на існування оптимальної площі листової поверхні, за якої формуються найсприятливіші умови для фотосинтетичної діяльності рослин і, відповідно, максимальна продуктивність. За сівби 20 серпня спостерігався найвищий рівень фотосинтетичного потенціалу – 2,495 млн м²* діб/га в середньому за гібридами. Найвищий показник фотосинтетичного потенціалу показав гібрид Темпо – 2,564 млн м²* діб/га. Максимальні показники зафіксовано за сівби 20.08 – 2,487–2,502 млн м²* діб/га. Результати дослідження засвідчили, що ранній посів сприяє формуванню більш потужного асиміляційного апарату та тривалішому періоду його функціонування. Підвищення фотосинтетичного потенціалу є важливим фактором збільшення врожайності незалежно від сорту.

Ключові слова: ріпак озимий, гібрид, строк сівби, норма висіву насіння, урожайність, вологість насіння.

Bulakh A.O. Influence of agricultural technology elements on photosynthetic indicators of winter rape hybrids in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

Purpose – to analyze the results of research on the development and improvement of elements of the technology for growing winter rapeseed in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine and to determine the optimal parameters of the photosynthetic indicators of the crop. **Methods** – field, mathematical-statistical, computational-comparative. Field experiments with sowing dates of winter rapeseed hybrids were conducted in the 2023–2024 and 2024–2025 growing years in Ternopil region, village of Tsytsory, Zboriv district 49°35'50.9"N 25°15'39.4"E. **Results.** It was established that the maximum height of winter rapeseed plants was observed at a density of 700 thousand plants/ha. This trend is characteristic of all sowing dates and hybrids. Thus, on average over the years of research, the height of plants in the flowering phase at a density of 700 thousand plants/ha was 170.7 cm, at a density of 540 thousand plants/ha – 167.8 cm, at a density of 350 thousand plants/ha – 163.1 cm. The highest plant height is provided by early sowing dates (August 20–26), the DK Imminent hybrid and an increased seeding rate (700 thousand seeds/ha). The highest plant height indicators were established for sowing on 20.08 (average value – 167.3 cm), for sowing on 26.08 the plant height was 169.3 cm, for sowing on 02.09 the height was 168.8 cm. It was established that on average over the years of research, hybrids in the flowering phase (BBCH 61–70) form the largest leaf surface, which is in the range from 35.12 to 44.13 thousand m²/ha. During flowering, the leaf area reaches a maximum and after that the process of dying and drying begins. The genotype of the hybrid affected the leaf surface area. The largest leaf

area of the plants was 40.39 thousand m²/ha in the Tempo hybrid, and the smallest was in the DK Imminent hybrid and was equal to 37.56 thousand m²/ha. The research has established that the highest indicators of the photosynthetic potential of winter rapeseed plants were shown by the Tempo hybrid – 2.564 million m²* day/ha, the minimum indicators were shown by the DK Imminent hybrid – 2.353 million m²* day/ha. The Arkansas hybrid showed average values – 2.427 million m²* day/ha. The research results show that the lowest photosynthetic potential was formed by plants sown on 09.09 – 2.319–2.350 million m²* day/ha. The maximum indicators were recorded for sowing on 20.08 – 2.487–2.502 million m²* day/ha. The research results showed that early sowing contributes to the formation of a more powerful assimilation apparatus and a longer period of its functioning. The influence of the seeding rate was less unambiguous than in the previous indicators. The most optimal rate was 540 thousand plants/ha – 2.494 million m²* days/ha (maximum), which provides maximum FP. At a density of 350 thousand plants/ha, the indicators were somewhat lower (2.445 million m²* days/ha), and at a density of 700 thousand plants/ha, a decrease in FP is often observed due to crop thickening (2.403 million m²* days/ha). The highest photosynthetic potential is formed during early sowing (August 20–26), when using the Tempo hybrid and a seeding rate of 540 thousand similar seeds/ha. Crop thickening (700 thousand similar seeds/ha) or late sowing reduce the efficiency of plant photosynthetic activity. **Conclusions.** According to the results of the conducted research, it was found that the maximum height of winter rapeseed hybrids was observed at a density of 700 thousand plants/ha. This trend is characteristic of all sowing dates and hybrids. Regarding the influence of sowing dates, the trend is clearly observed: the earlier the sowing date, the higher the plant. The highest plant height is provided by early sowing dates (August 20–26), the hybrid DK Imminent and the increased seeding rate (700 thousand seeds/ha). The genotype of the hybrid affected the leaf surface area. The largest leaf area of the plants was 40.39 thousand m²/ha in the Tempo hybrid. All hybrids are characterized by an increase in yield with an increase in the leaf surface area of the crop to a certain level, after which its decrease is observed. This indicates the existence of an optimal leaf surface area, under which the most favorable conditions for the photosynthetic activity of plants and, accordingly, maximum productivity are formed. During the sowing on August 20, the highest level of photosynthetic potential was observed – 2.495 million m²* day/ha on average for hybrids. The highest photosynthetic potential indicator was shown by the Tempo hybrid – 2.564 million m²* day/ha. The maximum indicators were recorded during the sowing on August 20 – 2.487–2.502 million m²* day/ha. The results of the study showed that early sowing contributes to the formation of a more powerful assimilation apparatus and a longer period of its functioning. Increasing photosynthetic potential is an important factor in increasing yield regardless of the variety.

Key words: winter rapeseed, hybrid, sowing date, seed sowing rate, yield, seed moisture.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

ВЕРБИЦЬКИЙ П.П. – аспірант

orcid.org/0009-0003-1087-6938

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) займає провідне місце у структурі зернового виробництва України та світу завдяки високому продуктивному потенціалу і цінним технологічним властивостям зерна. Водночас реалізація генетичного потенціалу сучасних сортів значною мірою залежить від погодних умов, рівня мінерального живлення та особливостей технології вирощування. Особливого значення набуває пошук технологічних прийомів, які забезпечують не лише високу врожайність, а й стабільне формування якісного зерна в умовах сучасних змін клімату [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На урожайність зерна пшениці та його якість впливає широкий спектр факторів, таких як попередник, обробіток ґрунту та ін. Однак основними факторами, які суттєво впливають на формування продуктивності пшениці озимої, є погодні умови вегетаційного періоду, сортові особливості культури та застосування добрив [2, 3].

За даними досліджень Hlisnikovský L. та ін. [1] найбільший вплив на формування продуктивності пшениці озимої мають несприятливі погодні умови у травні – червні, тобто у фази колосіння, цвітіння та наливу зерна. У свою чергу, достатнє вологозабезпечення осіннього та весняного періодів росту і розвитку рослин сприяють формуванню розвиненої кореневої системи, наростанню надземної вегетативної маси, продуктивного стеблостоя, що позитивно позначається на реалізації потенціалу продуктивності сортів пшениці озимої

Одним із основних факторів формування продуктивності пшениці озимої є сорт, оскільки саме він визначає адаптивність рослин до ґрунтово-кліматичних умов, ефективність використання елементів живлення та здатність реалізовувати генетичний потенціал культури [4, 5]. Сучасні сорти пшениці озимої відрізняються за інтенсивністю формування елементів структури врожаю, реакцією на удобрення та стійкістю до посушливих умов, що особливо важливо для зони Південного Степу України. Сортові особливості пшениці озимої також істотно впливають на формування технологічних показників якості зерна, зокрема накопичення вмісту білка, сировини клейковини та натури зерна [6].

Одним із найефективніших технологічних заходів підвищення продуктивності озимої пшениці є застосування збалансованого мінерального живлення. Встановлено, що оптимальне забезпечення рослин азотом, фосфором і калієм сприяє розвитку кореневої системи, активізації фотосинтетичних процесів, підвищенню

ефективності використання ґрунтової вологи та формуванню більшої кількості продуктивних стебел [7].

Одним із пріоритетних напрямів удосконалення елементів технології вирощування пшениці озимої є застосування сучасних гранульованих добрив із підвищеною ефективністю використання поживних речовин. На відміну від традиційних мінеральних добрив, вони характеризуються оптимізованим складом, контрольованим вивільненням елементів живлення, наявністю мікроелементів, а також біологічно активних компонентів, що стимулюють розвиток кореневої системи, наростання надземної маси рослин та підвищують стійкість рослин до несприятливих абіотичних факторів. Використання добрив нового покоління забезпечує підвищення коефіцієнта використання азоту, підвищення урожайності зерна на 8–18% та покращення його якості. Водночас найбільш ефективним є використання збалансованого мінерального живлення за вирощування адаптивних сортів, які характеризуються високою ефективністю використання елементів живлення [8, 9].

Метою статті є встановити вплив погодних умов, сортових особливостей та удобрення на урожайність та якість зерна пшениці озимої в умовах півдня України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведені протягом 2022–2025 років на дослідному полі Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету, розташованого у Південному Степу України.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем південний, залишково-слабкосолонцюватий важкосуглинковий на лесах. Реакція ґрунтового розчину є нейтральною (рН – 6,8–7,2). Вміст гумусу в 0–30 см шарі складає 3,1–3,3%. У середньому за роки досліджень у ґрунті містилося 15–25 мг/кг ґрунту нітратів (за Грандваль Ляжу), 41–46 мг/кг ґрунту рухомого фосфору (за Мачігіним) та 389–425 мг/кг ґрунту обмінного калію (на полуменовому фотометрі).

Дослідне поле розміщене в третьому агрокліматичному районі та належить до підзони Південного Степу України. Клімат території є помірно континентальним і вирізняється теплим та відносно сухим характером, а також нестабільністю снігового покриву. Упродовж років досліджень гідротермічні умови варіювали, що дало змогу забезпечити репрезентативність і об'єктивність отриманих результатів.

Польовий дослід було проведено з метою вивчення варіантів удобрення сортів пшениці озимої



гранульованими добривами компанії «TIMAC AGRO». Схема досліду включала наступні варіанти:

фактор А – сорт: 1. Дума одеська; 2. Покровська;

фактор В – удобрення: 1. Контроль (без добрив); 2. Duofertil 30; 3. Duofertil 38; 4. Eurocereal 34.

Добрива вносили в дозі 100 кг/га при сівбі пшениці озимої. Розташування дослідних ділянок озимої пшениці у польових експериментах здійснювали за методом розщеплених ділянок. Облікова площа ділянок 25м². Повторюваність – триразова. Під час проведення дослідів виконували відповідні вимірювання, спостереження, обліки та аналізи згідно із загальноприйнятими методиками. Показники технологічної та біохімічної якості зерна озимої пшениці визначали згідно з чинними вимогами до ДСТУ 3768:2010 (2010) та ДСТУ 3769-98 (1998) з посиланням на стандарти: вміст сирої клейковини визначали ручним способом за ДСТУ ISO 21415-1:2009 (2009); вміст білка в зерні за ДСТУ 4117:2007 (2007); натуру зерна за ДСТУ 4234:2003 (2003). Облік врожаю пшениці озимої проведено поділяночно. Отримані результати досліджень оброблені статистичними та математичними методами за допомогою комп'ютерної програми «Agrostat».

Результати досліджень. Урожайність пшениці озимої у роки досліджень значною мірою визначалася поєднанням погодних умов вегетаційного періоду, сортовими особливостями та ефективністю застосування гранульованих добрив компанії «TIMAC AGRO» (табл. 1).

Дослідженнями визначено, що найвищий рівень урожайності зерна пшениці озимої отримано у 2023 р., що було зумовлено загалом сприятливими погодними умовами перезимівлі та весняного розвитку рослин. Незважаючи на дефіцит вологи у жовтні, достатня кількість опадів у листопаді забезпечила покращення вологозабезпечення посівів перед входженням у зимовий період. М'яка зима без критично низьких температур сприяла доброму збереженню рослин, а значні запаси продуктивної вологи у березні – квітні забезпечили інтенсивне куціння, формування листкової поверхні та продуктивного стеблостою. Негативний вплив посушливого

і спекотного червня проявився переважно під час наливу зерна, однак рослини вже сформували основні елементи структури врожаю. За таких умов потенціал продуктивності обох досліджуваних сортів реалізувався найбільш повно. Так, урожайність сорту Дума одеська на контрольному варіанті досліду становила 5,85 т/га, а застосування гранульованих добрив підвищило її до 6,11–6,22 т/га, або на 0,26–0,37 т/га (4,4–6,3%). У сорту Покровська урожайність зерна була вищою і становила 6,25–6,67 т/га. При цьому, приріст урожайності від застосування добрив склав 0,23–0,42 т/га або 3,7–6,7%. Найвищу урожайність зерна обох досліджуваних сортів забезпечило внесення добрива Eurocereal 34 – 6,22 т/га у сорту Дума одеська та 6,67 т/га – сорту Покровська.

Найменшою урожайність зерна пшениці озимої за роки досліджень сформували посіви у 2024 р. Основною причиною стало поєднання тривалої осінньої посухи із подальшим розвитком високотемпературного та водного стресу наприкінці вегетації. За цих умов дія добрив проявилася більш виражено, ніж у попередньому досліджуваному вегетаційному періоді. Урожайність зерна сорту Дума одеська підвищилася з 4,29 до 4,80 т/га, тобто застосування добрив сприяло зростанню досліджуваного показника порівняно з контролем на 0,26–0,51 т/га або на 6,1–11,9%. Сорт пшениці озимої Покровська сформуваав урожайність на рівні 4,51–5,23 т/га, а приріст від застосування добрив становив 0,46–0,72 т/га або 10,2–16,0%. Вища продуктивність сорту Покровська свідчить про його кращу адаптивність до посушливих умов осіннього розвитку та високих температур кінця вегетації.

Слід відмітити, що навіть у несприятливих погодних умовах більш ефективним було застосування добрива Eurocereal 34. Приріст урожайності на даному варіанті досліду порівняно з контролем склав 0,51–0,72 т/га або 10,6–13,8%.

У 2025 р. рівень урожайності зерна пшениці озимої незалежно від досліджуваного варіанту був вищим, ніж у 2024 р., однак поступався показникам 2023 р. Незважаючи на сприятливі умови для сівби та

Таблиця 1

Урожайність пшениці озимої залежно від сорту та удобрення

Сорт	Удобрення			
	Контроль (без добрив)	Duofertil 30	Duofertil 38	Eurocereal 34
2023 р.				
Дума одеська	5,85	6,11	6,20	6,22
Покровська	6,25	6,48	6,54	6,67
2024 р.				
Дума одеська	4,29	4,55	4,64	4,80
Покровська	4,51	4,97	5,02	5,23
2025 р.				
Дума одеська	4,97	5,02	5,16	5,23
Покровська	5,09	5,12	5,24	5,31
Середнє за 2023–2025 рр.				
Дума одеська	5,04	5,23	5,33	5,42
Покровська	5,28	5,52	5,60	5,74
НІР ₀₅ , т/га: А – 0,20; В – 0,25; АВ – 0,19				

формування сходів восени, холодна й посушлива рання весна обмежувала інтенсивність відновлення вегетації, накопичення біомаси та формування продуктивних пагонів. Опади травня лише частково компенсували дефіцит вологи, тоді як високі температури та недостатня кількість опадів у червні–липні прискорили досягання рослин і скоротили тривалість фази наливу зерна.

За таких умов ефективність гранульованих добрив була меншою, ніж у попередні роки, що пов'язано з обмеженням засвоєнням елементів живлення за дефіциту ґрунтової вологи навесні та у період формування врожаю. Урожайність сорту Дума одеська від застосування удобрення зросла з 4,97 до 5,23 т/га, тобто лише на 0,05–0,26 т/га або на 1,0–5,2%, тоді як у сорту Покровська – з 5,09 до 5,31 т/га, тобто на 0,03–0,22 т/га або на 0,6–4,3%. Максимальні показники урожайності, як і в попередні роки, були отримані за використання добрива EUROCEREAL 34. Урожайність зерна, в середньому по досліджуваних сортах, за використання цього добрива була більшою на 0,07–0,24 т/га або на 1,3–4,6% порівняно з іншими варіантами удобрення.

Слід відмітити, що застосування інших добрив також сприяло зростанню продуктивності досліджуваних сортів пшениці озимої. Так, у середньому за 2023–2025 рр. та по досліджуваних сортах застосування Duofertil 30 забезпечувало збільшення врожайності на 0,22 т/га або 4,3%, Duofertil 38 – на 0,31 т/га або 6,0%, а Eurocereal 34 – на 0,42 т/га або 8,1% порівняно з контролем.

Підвищення урожайності та якості зерна досягається лише при комплексному підході, який поєднує використання високоякісного насіння, адаптованих сортів і сучасних технологій вирощування, в т.ч. із використанням сучасних мінеральних добрив. Нашими дослідженнями встановлено, що сорт пшениці озимої Покровська має більш адаптивні властивості порівняно з сортом Дума одеська до посушливих умов зони проведення досліджень. Вищу урожайність зерна, в середньому за роки досліджень і по фактору удобрення, сформували рослини сорту Покровська – 5,54 т/га, що перевищило показники урожайності сорту Дума Одеська на 0,28 т/га або на 5,3%, що свідчить про більшу адаптованість даного сорту до посушливих умов півдня України.

Відомо, що між урожайністю та якістю зерна, зокрема вмістом білка існує обернений зв'язок: за високої врожайності концентрація білка часто дещо знижується, тоді

як за посушливих умов і нижчої врожайності його вміст зазвичай підвищується. Водночас, слід відмітити, що ефективне мінеральне живлення сприяє покращенню якості зерна пшениці озимої, зокрема збільшенню вмісту білка. Це підтвердили і наші дослідження (табл. 2).

Масова частка білка в зерні пшениці озимої істотно залежала від погодних умов року вирощування, сортових особливостей та застосування гранульованих добрив. У середньому за 2023–2025 рр. масова частка білка в зерні сорту Дума одеська становила 13,2–14,2%, а у сорту Покровська – 13,3–14,4% залежно від варіанту удобрення. Незалежно від сорту внесення гранульованих добрив сприяло підвищенню вмісту білка порівняно з контрольним варіантом досліду. Найменший приріст забезпечило добриво Duofertil 30 – 3,6–5,0 відсоткових пунктів залежно від сорту, тоді як застосування Duofertil 38 характеризувалося більшою ефективністю – збільшення масової частки білка склало 5,0–6,3 відсотковим пунктів. Максимальні показники масової частки білка в зерні пшениці озимої отримано за використання добрива Eurocereal 34 – 14,2–14,4% залежно від досліджуваного сорту, що свідчить про його високу ефективність щодо поліпшення азотного живлення рослин і формування зерна з підвищеним вмістом білкових речовин.

Одним із найважливіших показників технологічної якості зерна пшениці озимої є вміст сирої клейковини. Цей показник характеризує хлібопекарські властивості зерна. Нашими дослідженнями встановлено, що застосування гранульованих добрив позитивно вплинуло на формування клейковинного комплексу зерна незалежно від досліджуваного сорту та погодних умов років досліджень. У середньому за роки досліджень, вміст сирої клейковини у сорту Дума одеська змінювався від 21,5% на контролі до 26,1% за використання Eurocereal 34, тоді як у сорту Покровська – від 22,6 до 26,5%. Застосування добрива Duofertil 30 забезпечило зростання вмісту сирої клейковини в зерні пшениці озимої, залежно від сорту, 8,5–8,9 відсоткових пунктів, Duofertil 38 – 11,0–13,7, а Eurocereal 34 – 14,7–17,6 відсоткових пунктів порівняно з неудобренням варіантом. Слід відмітити, що краще на використання добрив відгукувався сорт Дума одеська.

Отримані результати свідчать, що застосування гранульованих добрив істотно покращувало технологічні властивості зерна незалежно від сорту. Найвищу

Таблиця 2

Вплив сортових особливостей та удобрення на якість зерна пшениці озимої (середнє за 2023–2025 рр.)

Сорт	Удобрення			
	Контроль (без добрив)	Duofertil 30	Duofertil 38	Eurocereal 34
Масова частка білка, %				
Дума одеська	13,2	13,7	13,9	14,2
Покровська	13,3	14,0	14,2	14,4
Вміст сирої клейковини, %				
Дума одеська	21,5	23,5	24,9	26,1
Покровська	22,6	24,8	25,4	26,5
Натура, г/л				
Дума одеська	781	787	789	793
Покровська	783	788	792	795

ефективність забезпечило добриво Eurocereal 34, яке в усі роки досліджень забезпечувало формування найвищого вмісту сирі клейковини. Сорт Покровська характеризувався дещо вищими показниками клейковини порівняно із сортом Дума одеська, що свідчить про його високий потенціал формування зерна з добрими хлібопекарськими властивостями.

Така ж тенденція спостерігалася і щодо натури зерна пшениці озимої. Незалежно від року досліджень внесення гранульованих добрив сприяло підвищенню натури зерна порівняно з контролем. Найменший ефект забезпечило добриво Duoфertil 30, тоді як внесення Duoфertil 38 та Eurocereal 34 сприяло формуванню найбільш виповненого зерна. У середньому за 2023–2025 рр. натура зерна сорту Дума одеська підвищилася на 1,0 та 1,5%, а сорту Покровська – на 1,1 та 1,5% відповідно. Найвищі показники натури зерна обох досліджуваних сортів отримано за використання добрива Eurocereal 34, що свідчить про його високу ефективність у покращенні фізичних показників якості зерна пшениці озимої.

Висновки. Урожайність пшениці озимої значною мірою залежала від погодних умов, сортових особливостей та рівня мінерального живлення. Найвищою врожайність зерна сортів пшениці озимої сформована у 2023 р. – 5,85–6,67 т/га, найнижчу у 2024 р. – 4,29–5,23 т/га, що було зумовлено дефіцитом вологи та високим температурним режимом у період формування і наливу зерна. Найбільш продуктивним, у середньому за 2023–2025 рр., визначено сорт Покровська, який перевищував сорт Дума одеська за показниками урожайності зерна на 0,24–0,32 т/га залежно від варіанту удобрення.

Застосування гранульованих добрив компанії «TIMAC AGRO» сприяло підвищенню не лише урожайності, а й технологічних показників якості зерна сортів пшениці озимої. У середньому за роки досліджень, за внесення добрива Eurocereal 34 масова частка білка зросла до 14,2% у сорту Дума одеська та до 14,4% у сорту Покровська, вміст сирі клейковини – до 26,1 і 26,5% відповідно, а натура зерна – до 793 і 795 г/л.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Hlisnikovský L., Menšík L., Barlóg P., Kunzová E. How weather and fertilization affected grain yield and stability of winter wheat in a long-term trial in the South Moravian Region, Czech Republic. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, № 9. Art. 2293. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092293>
2. Berzsenyi Z., Györfy B., Lap D. Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment. *European Journal of Agronomy*. 2000. 13. 225–244.
3. Nielsen D.C., Vigil M.F. Wheat yield and yield stability of eight dryland crop rotations. *Agronomy Journal*. 2018. 110. 594–601.
4. Панфілова А. В. Продуктивність пшениці озимої залежно від сортових особливостей та умов зволоження. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 54–59. <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2022.16.9>
5. Korkhova M., Smirnova I., Drobitko A. Influence of irrigation and weather conditions on the duration of interphase periods of winter wheat varieties. *Ukrainian*

- Black Sea Region Agrarian Science*. 2022. 26(3). 55–65. [https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26\(3\)-5](https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26(3)-5).
6. Korkhova M., Smirnova I., Panfilova A., Mykolaichuk V. Influence of varietal characteristics of winter wheat and weather conditions on lodging resistance and productivity. *Scientific Horizons*. 2023. 26(12). 42–53. <https://doi.org/10.48077/scihor12.2023.42>.
7. Horvat D., Loncaric Z., Vukadinovic V., Drezner G., Bertic B., Dvojkočić K. The influence of mineral fertilization on winter wheat yield and quality. *Cereal Research Communications*. 2006. 34. 429–432. <https://doi.org/10.1556/CRC.34.2006.1.107>
8. Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В., Баян А. В. Економічне, агрохімічне та енергетичне оцінювання ефективності застосування добрив під сорти пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106. Ч. 1. С. 625–635. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-625-635>
9. Ali M. F., Han R., Lin X., Wang D. Controlled-release nitrogen combined with ordinary nitrogen fertilizer improved nitrogen uptake and productivity of winter wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2025. 15:1504083. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1504083>.

REFERENCES:

1. Hlisnikovský, L., Menšík, L., Barlóg, P. & Kunzová, E. (2023). How weather and fertilization affected grain yield and stability of winter wheat in a long-term trial in the South Moravian Region, Czech Republic. *Agronomy*, Vol. 13, № 9, Art. 2293. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092293>
2. Berzsenyi, Z., Györfy, B. & La, p D. (2000). Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment. *European Journal of Agronomy*, 13, 225–244.
3. Nielsen, D. C. & Vigil, M. F. (2018). Wheat yield and yield stability of eight dryland crop rotations. *Agronomy Journal*, 110, 594–601.
4. Panfilova, A. V. (2022). Produktivnist pshenytsi ozymoi zalezno vid sortovykh osoblyvostei ta umov zvolozhennia. [Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and moisture conditions]. *Ahrarni innovatsii*, №16, P. 54–59. <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2022.16.9> [in Ukrainian]
5. Korkhova, M., Smirnova, I. & Drobitko, A. (2022). Influence of irrigation and weather conditions on the duration of interphase periods of winter wheat varieties. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 26(3), 55–65. [https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26\(3\)-5](https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26(3)-5).
6. Korkhova, M., Smirnova, I., Panfilova, A. & Mykolaichuk, V. (2023). Influence of varietal characteristics of winter wheat and weather conditions on lodging resistance and productivity. *Scientific Horizons*, 26(12), 42–53. <https://doi.org/10.48077/scihor12.2023.42>.
7. Horvat, D., Loncaric, Z., Vukadinovic, V., Drezner, G., Bertic, B. & Dvojkočić, K. (2006). The influence of mineral fertilization on winter wheat yield and quality. *Cereal Research Communications*, 34, 429–432. <https://doi.org/10.1556/CRC.34.2006.1.107>
8. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Silifonov, T. V., & Balian, A. V. (2025). Ekonomichne, ahrokhimichne ta enerhetychne otsiniuvannia efektyvnosti zastosuvannia

dobryv pid sorty pshenytsi miakoi ozymoi [Economic, agrochemical and energy assessment of fertilizer efficiency for winter soft wheat varieties]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu*, Vyp. 106, Ch. 1, P. 625–635 <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-625-635> [in Ukrainian].

9. Ali, M. F., Han, R., Lin, X. & Wang, D. (2025). Controlled-release nitrogen combined with ordinary nitrogen fertilizer improved nitrogen uptake and productivity of winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1504083. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1504083>.

Вербицький П.П. Урожайність і якість зерна пшениці озимої залежно від сортових особливостей та удобрення в умовах Півдня України

Мета. Встановити вплив погодних умов, сортових особливостей та удобрення на урожайність та якість зерна пшениці озимої в умовах півдня України. **Методи.** Експериментальні дослідження проводили впродовж 2022–2025 рр. на дослідному полі Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Польові та лабораторні дослідження виконувалися відповідно до сучасних вимог і стандартів дослідної справи в агрономії та землеробстві. **Результати.** У середньому за 2023–2025 рр. та по досліджуваних сортах, застосування Duoferil 30 забезпечувало збільшення врожайності на 0,22 т/га або 4,3%, Duoferil 38 – на 0,31 т/га або 6,0%, а Eurocereal 34 – на 0,42 т/га або 8,1% порівняно з контролем. Вищою урожайністю зерна, у середньому за роки досліджень і по фактору удобрення, була визначена у рослин сорту Покровська – 5,54 т/га, що перевищило показники урожайності сорту Дума Одеська на 0,28 т/га або на 5,3%. Це свідчить про більшу адаптованість даного сорту до посушливих умов півдня України. Застосування гранульованих добрив, у середньому за роки досліджень, позитивно впливало на формування технологічних показників якості зерна пшениці озимої незалежно від досліджуваного сорту. Найвищу ефективність забезпечило добриво Eurocereal 34, за використання якого масова частка білка становила 14,2–14,4%, вміст сирової клейковини – 26,1–26,5%, а натура зерна – 793–795 г/л. Сорт Покровська характеризувався дещо вищими показниками якості зерна порівняно із сортом Дума одеська, що свідчить про істотний вплив сортових особливостей на накопичення в зерні білку, вмісту сирової клейковини та натури зерна. **Висновки.** Застосування сучасних гранульованих добрив та найбільш адаптованих до умов зміни клімату Південного Степу України сортів пшениці

озимої забезпечує найвищі показники урожайності зерна та його якості. Найбільш продуктивними у всі роки досліджень були рослини пшениці озимої сорту Покровська та застосування добрива Eurocereal 34.

Ключові слова: пшениця озима, сорт, мінеральні добрива, урожайність, якість зерна.

Verbitskyi P.P. Yield and grain quality of winter wheat depending on varietal characteristics and fertilization in Southern Ukraine

Objective. To determine the effect of weather conditions, varietal characteristics, and fertilization on the yield and grain quality of winter wheat in southern Ukraine. **Methods.** Experimental studies were conducted from 2022 to 2025 at the experimental field of the Educational, Scientific, and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University. Field and laboratory studies were conducted in accordance with current requirements and standards for research in agronomy and agriculture. **Results.** On average for 2023–2025 and across the varieties studied, the application of Duoferil 30 resulted in a yield increase of 0.22 t/ha, or 4.3%; Duoferil 38 resulted in an increase of 0.31 t/ha, or 6.0%; and Eurocereal 34 – by 0.42 t/ha or 8.1% compared to the control. The highest grain yield, on average over the study period and across fertilizer treatments, was observed in plants of the Pokrovska variety – 5.54 t/ha – which exceeded the yield of the Duma Odessa variety by 0.28 t/ha, or 5.3%. This indicates that this variety is better adapted to the arid conditions of southern Ukraine. On average over the study period, the application of granular fertilizers had a positive effect on the formation of technological quality indicators for winter wheat grain, regardless of the variety studied. The Eurocereal 34 fertilizer provided the highest efficiency; when used, the protein content ranged from 14.2–14.4%, the crude gluten content from 26.1–26.5%, and the specific gravity of the grain from 793–795 g/L. The Pokrovska variety was characterized by slightly higher grain quality indicators compared to the Duma Odessa variety, which indicates a significant influence of varietal characteristics on protein accumulation in the grain, crude gluten content, and grain density. **Conclusions.** The use of modern granular fertilizers and winter wheat varieties best adapted to the conditions of climate change in the Southern Steppe of Ukraine ensures the highest grain yield and quality. Throughout the study period, the most productive were winter wheat plants of the Pokrovska variety and the use of Eurocereal 34 fertilizer.

Key words: winter wheat, variety, mineral fertilizers, yield, grain quality.

Дата першого надходження статті до видання: 24.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОНТРОЛЮВАННЯ ЕНТОМО-ФІТОПАТОГЕННОГО СТАНУ АГРОЦЕНОЗІВ ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ І УДОБРЕННЯ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

ВОЙТОВИК М.В. – доктор сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-8604-2193

Білоцерківський національний аграрний університет

ПРИМАК І.Д. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-0094-3469

Білоцерківський національний аграрний університет

САБАДИН В.Я. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-8397-8973

Білоцерківський національний аграрний університет

КАЧАН Л.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-5374-3252

Білоцерківський національний аграрний університет

ПАНЧЕНКО О.Б. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-8130-0811

Білоцерківський національний аграрний університет

ОБРАЖІЙ С.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-30532-6655

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. На сьогодні основною перепорою широкого впровадження у вітчизняну рілнничу практику мінімалізації механічного обробітку ґрунтів є істотне погіршення фітосанітарного стану агробіоценозів [1, 2]. Втрати від бур'янів, шкідників і хвороб сягають третини світового виробництва продукції рослинництва [3]. Основними заходами регулювання фітосанітарного стану в адаптивному рілнництві мають бути запобіжні, механічні, фітоценотичні, екологічні та біологічні [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Глибока оранка за достатнього зволоження поліпшує фітосанітарний стан агроценозів завдяки загибелі збудників коренових гнилей, багатьох шкідників (личинок коваліків, трипсів, лучного метелика тощо). Оранка під просапні культури весною, коли личинки хрущів проникають у поверхнєві шари ґрунту, сприяє масовому їх знищенню [5, 6]. У південній частині Правобережного Лісостепу України рекомендують оранку на глибину 15–17 см під сою; 25–27 см – пшеницю яру, ріпак ярий, льон олійний і ячмінь ярий з метою запобігання погіршенню фітосанітарного стану агрофітоценозів п'ятипільної сівозміни [7].

Вища ефективність контролювання розвитку і поширення шкідників і хвороб в агрофітоценозі кукурудзи за оранки, ніж поверхневого обробітку, зафіксована й у чотирипільній сівозміні Інституту сільського господарства Західного Полісся [8].

У стаціонарному польовому досліді НУБіП України видовий склад ґрунтових комах істотно не відрізнявся за органічної, промислової і No-till систем рілництва [9]. Після попередників сої, які можуть бути джерелом

інфекції, пропонується обробіток дисковими знаряддями і плугами на відповідну глибину [10].

Спостерігали не значне зменшення пошкодженості пагонів ячменю ярого личинками внутрішньо стеблових шкідників на удобрених ділянках чорнозему типового [11]. На дерново-підзолистому ґрунті з підвищенням норми мінеральних туків група домінуючих фітофагів на рослинах пшениці озимої значно зростала. За збільшення норми мінерального живлення поширення і розвиток фузаріозної коренової гнилі пшениці озимої дещо зменшувалися [12]. Добрива, зміщуючи фенологічні фази розвитку культур, забезпечують широкий діапазон розвитку і поширення хвороб і шкідників [13].

Пошкодженість стебел пшениці озимої злаковими мухами, розвиток коренових гнилей хлібної рослини удвічі-тричі нижчі за No-till, ніж за мілкого і полицевого обробітків. Прояв хвороби не залежав від мінеральних добрив за мілкого обробітку, але дещо посилювався під їх впливом за нульового і полицевого обробітків [14]. На чорноземі типовому полицевий обробіток під горох зменшив, а мілкий безполицевий збільшив розвиток коренової гнилі бобової рослини [15].

Науковці вказують на фітосанітарне значення в системі рілництва органічних і мінеральних добрив. Механізм їх дії і впливу полягає в підвищенні витривалості рослин, зміні умов існування шкідливих організмів [16, 17]. Чисельність антагоністів підвищується за внесення в якості органічного добрива соломи. При цьому зменшується життєздатність конідій коренової гнилі та інших збудників хвороб рослин. Крім того, органічні добрива стимулюють розвиток деяких ентомофагів, наприклад хижих жужелиць, що знищують дротяників [18].



Мета – установити оптимальне поєднання систем удобрення і основного обробітку ґрунту, що забезпечує поліпшення ентомо-фітопатогенного стану агробіоценозів і отримання з гектара сівозміни понад 6 т зерна і 10 т кормових одиниць та 0,6 т перетравного протеїну.

Матеріали та методика досліджень. У стаціонарній польовій зерновій п'ятипольній сівозміні на дослідному полі Білоцерківського НАУ упродовж 2022–2024 рр. вивчали чотири варіанти основного обробітку (табл. 1) і чотири системи (варіанти) удобрення чорнозему типового: нульова система – без внесення добрив, перша – 6 т/га гною + $N_{48}P_{42}K_{42}$, друга – 6 т/га гною + $N_{76}P_{54}K_{76}$, третя – 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{96}$ на гектар ріплі. На удобрених ділянках сівозміни вносили гній нормою 30 т/га під кукурудзу (після гірчиці білої).

Підрахунок личинок озимої совки, лучного метелика і коваликів здійснювали навесні з проб ґрунту згідно загальноприйнятих методик [19]. Оцінку ступеню прояву хвороб проводили у фазу максимального розвитку збудника кожної хвороби досліджуваних культур [20].

Результати досліджень. Заселеність личинкою озимої совки гороху неістотно нижча за чизельно-дискового та істотно вища за дискового обробітків, порівняно з контролем. Цей показник неістотно більший за диференційованого, ніж полицево-дискового обробітку (табл. 2).

За полицево-дискового, чизельно-дискового, диференційованого і дискового обробітків заселеність личинкою озимої совки рослин гороху становила відповідно 0,78; 0,68; 0,91 і 0,98 екз/м², а пшениці озимої – 1,01;

Таблиця 1

Системи обробітку чорнозему типового в сівозміні

№ поля	Культура сівозміни	Варіанти обробітку ґрунту			
		I Полицево-дисковий (контроль)	II Безполицево-дисковий	III Диференційований (полицево-безполицево-дисковий)	IV Дисковий
		Глибина (см) і засоби проведення обробітку ґрунту*			
1	Горох	10–12 (д.б.)	20–22 (г.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
2	Пшениця озима	8–10 (д.б.)	8–10 (д.б.)	8–10 (д.б.)	8–10 (д.б.)
	Гірчиця біла на зелене добриво	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
3	Кукурудза на зерно	25–27 (п.)	25–27 (г.)	25–27 (п.)	10–12 (д.б.)
4	Кукурудза на зерно	10–12 (д.б.)	20–22 (г.)	10–12 (д.б.)	10–12 (д.б.)
5	Гречка	18–20 (п.)	18–20 (г.)	18–20 (г.)	10–12 (д.б.)

*Примітка: п. – плуг ПЛН-3-35, г. – глибокорозпушувач (чизель) – ГР-3,4, д.б. – дискова борона БДВ-3,0.

Таблиця 2

Заселеність рілнничих рослин личинкою озимої совки за різних систем обробітку і удобрення, екз/м² (середнє за 2022–2024 рр.)

Культура сівозміни	Системи удобрення	Системи обробітку ґрунту				НІР _{0,05}
		I	II	III	IV	
Горох	0	0,78	0,68	0,91	0,98	0,16
	1	0,89	0,78	1,01	1,11	
	2	0,96	0,84	1,10	1,24	
	3	1,04	0,93	1,16	1,38	
Пшениця озима	0	1,01	1,14	1,15	1,26	0,21
	1	1,19	1,35	1,36	1,48	
	2	1,31	1,49	1,48	1,61	
	3	1,44	1,62	1,62	1,76	

Примітка: I – полицево-дисковий (контроль), II – чизельно-дисковий, III – диференційований, IV – дисковий.

Таблиця 3

Заселеність рілнничих рослин личинками лучного метелика за досліджуваних систем обробітку ґрунту, екз/м² (середнє за 2022–2024 рр.)

Рілнничі рослини	Лучний метелик <i>Loxostege sticticalis</i>				
	Досліджувані систем обробітку ґрунту в сівозміні				
	I	II	III	IV	НІР _{0,05}
Горох	0,45	0,40	0,50	0,54	0,07
Пшениця озима	0,56	0,54	0,59	0,65	0,06
Кукурудза після гірчиці білої	0,28	0,35	0,21	0,37	0,05
Кукурудза після кукурудзи	0,78	0,91	0,72	0,93	0,11

Примітка: I – полицево-дисковий (контроль), II – чизельно-дисковий, III – диференційований, IV – дисковий.

1,14; 1,15 і 1,26 екз/м². Зростання маси рослинних решток за підвищення норм добрив, а отже і продуктивності агроценозів супроводжується збільшенням цього показника. Так, за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення він становив відповідно 0,78; 0,89; 0,96 і 1,1,04 екз/м² в агроценозі бобової рослини і 1,01; 1,19; 1,31 і 1,44 екз/м² – пшениці озимої.

Заселеність рослин гороху і пшениці озимої личинками лучного метелика неістотно нижча за чизельно-дискового обробітку та неістотно вища за диференційованого. За дискування ґрунту зафіксоване істотне підвищення цього показника: 20% у бобової і 16% у озимої рослини (табл. 3).

Глибока культурна оранка під кукурудзу після гірчиці білої на сидерат за чизельно-дискового і диференційованого обробітків ґрунту в сівозміні механічно травмує кокони і негативно впливає на зимуючі личинки фітофага. Обробіток плугом обмежує розвиток популяції шкідника, а глибокорозпушувачем і дисковою бороною – стимулює його поширення.

В агроценозі кукурудзи після гірчиці білої він істотно збільшився за чизельно дискового і дискового обробітків (відповідно на 25 і 32%) та істотно зменшився за диференційованого (на 25%); після кукурудзи за другого і четвертого варіантів обробітку він підвищився відповідно на 17 і 19% та неістотно (на 8%) зменшився за диференційованого обробітку. Пізні строки збирання кукурудзи після гірчиці білої забезпечили добрі умови переходу фітофага на зимівлю і кормову базу, а отже і найвищу щільність популяції шкідника в агроценозі наступної (повторної) кукурудзи.

Джерелом живлення виявлених в досліді коваликів роду *Agriotes* є переважно проросле насіння, коріння пшениці озимої і злакових бур'янів. За чизельно-дискового та дискового обробітків спричинили істотно вищу

чисельність дротяників: відповідно на 11 і 17% в агроценозі гороху, 14 і 19 – пшениці озимої, 13 і 17% – кукурудзи після гірчиці білої. За диференційованого обробітку зростання неістотне в агроценозах гороху і пшениці озимої – відповідно 5 і 9%, а під просапною рослиною зафіксоване істотне зниження цього показника на 14%, порівняно з контролем (табл. 4).

За повторної сівби кукурудзи заселеність дротяниками вища істотно (на 19%) за дискового, неістотно (на 7%) за диференційованого обробітків, а за чизельно-дискового вона неістотно нижча (на 8%), ніж на контролі.

Відмічали прояв кореневих гнилей восени та ранньою весною у вигляді плям на піхвах нижніх листків, наприкінці вегетації на основі стебла плями збільшувалися. Поширеність і розвиток кореневої гнилі була неістотно вища за диференційованого обробітку (на 5 і 4% відповідно) та істотно за дискування (на 13%). За безпліцево-дискового обробітку ці показники неістотно нижчі (відповідно на 6 і майже 7%), (табл. 5).

Поширеність і розвиток бурої іржі істотно вищі за чизельно-дискового і дискового обробітків (на 9–10%) та майже на одному рівні з контролем за диференційованого обробітку. Істотне зростання (на 10–11%) поширеності і розвитку борошнистої роси у фазі колосіння пшениці озимої зафіксоване лише за постійного дискування ґрунту; за чизельно-дискового обробітку ці показники неістотно зменшувалися (на 7%), а за диференційованого – неістотно підвищувалися (на 5–7%). Поширеність і розвиток септоріозу листя істотно вище за чизельно-дискового (відповідно на 8 і 11%) і дискового обробітків (відповідно на 10 і 12%) та неістотно нижчі за диференційованого обробітку (на 5 і 6%).

Поширеність і розвиток білої гнилі гороху становили відповідно 4,53 і 3,86% за першого (контрольного) варіанту обробітку, 5,38 і 4,62 – другого, 4,09 і 3,50 – третього,

Таблиця 4

Заселеність рільничих рослин дротяниками за досліджуваних систем обробітку ґрунту, екз/м² (середнє за 2022–2024 рр.)

Рільничі рослини	Ковалики: смугастий <i>Agriotes lineatus</i> L., степовий <i>Agriotes gurgistanus</i>				
	Досліджувані систем обробітку ґрунту в сівозміні				
	I	II	III	IV	НІР _{0,05}
Горох	1,87	2,08	1,97	2,19	0,18
Пшениця озима	1,36	1,55	1,48	1,62	0,16
Кукурудза після гірчиці білої	2,28	2,57	1,95	2,66	0,25
Кукурудза після кукурудзи	2,63	2,42	2,81	3,14	0,40

Примітка: I – пліцево-дисковий (контроль), II – чизельно-дисковий, III – диференційований, IV – дисковий.

Таблиця 5

Розвиток і поширеність хвороб пшениці озимої залежно від систем обробітку ґрунту (середнє за 2022–2024 рр.)

Системи обробітку ґрунту	Коренева гниль		Буро іржа		Борошниста роса		Септоріоз листя	
	поширеність	розвиток	поширеність	розвиток	поширеність	розвиток	поширеність	розвиток
I	22,4	14,9	17,9	11,5	14,7	8,8	21,9	12,3
II	21,0	13,9	19,5	12,7	13,7	8,2	23,7	13,6
III	23,5	15,5	17,4	11,9	15,5	9,4	20,9	11,6
IV	25,3	16,8	19,6	12,7	16,2	9,8	24,0	13,8
НІР _{0,05}	2,1	1,5	1,4	1,0	1,3	0,8	1,6	1,0

Примітка: I – пліцево-дисковий (контроль), II – чизельно-дисковий, III – диференційований, IV – дисковий.

5,60 і 4,78% за четвертого варіанту обробітку ($HIP_{0,05} = 0,74$ і $0,61\%$). Щодо обмеження поширення і розвитку збудника білої гнилі лише диференційований обробіток поступився контролю, проте неістотно.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення продуктивність сівозміни становила відповідно 4,05; 7,46; 9,64 і 10,65 т/га кормових одиниць за полицево-дискового обробітку, 3,43; 6,80; 8,92 і 9,82 – безполлицево-дискового, 4,54; 8,02; 10,28 і 11,33 – диференційованого, 3,18; 6,55; 8,70 і 9,53 т/га кормових одиниць товарної і не товарної продукції за дискового обробітку і $HIP_{0,05}$ 0,36 т/га.

Висновки. За постійного дискового мілкового обробітку ґрунту під пшеницю озиму на глибину 8–10 см, а під решту культур – на 10–12 см істотно погіршується ентомо-фітопатогенний стан агроценозів сівозміни. За підвищення норм добрив чисельність шкідників зростає. Заселеність кукурудзи після гірчиці білої лучним метеликом істотно зростає за чизельно-дискового та істотно зменшується за диференційованого обробітків. За повторної сівби кукурудзи цей показник підвищується істотно за чизельно-дискового та неістотно зменшується за диференційованого обробітку. Заселеність дротяниками гороху, пшениці озимої і кукурудзи після гірчиці білої вища за безполлицево-дискового обробітку. Істотне зниження цього показника зафіксоване на просапній культурі за диференційованого обробітку. Істотне зменшення поширення і розвитку бурого іржі і септоріозу листя в агроценозі пшениці озимої, білої гнилі в агроценозі гороху спостерігається за диференційованого обробітку. З урахуванням побічної продукції рілних рослин продуктивність сівозміни істотно нижча за чизельно-дискового і постійного дискового обробітків. Застосування культурної оранки на глибину 25–27 см лише в одному полі під кукурудзу за диференційованого обробітку в сівозміні забезпечує найвищий вихід зерна на удобренних ділянках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Примак І.Д., Косолап М.П., Панченко О.Б. та ін. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. 428 с.
2. Кава Л.П., Лікар Я.О., Станкевич С.В., Стефоновська Т.Р., Станкевич О.І. Управління чисельністю комах-фітофагів: підручник. Київ: НУБіП України, 2024. 320 с.
3. Матюха В.Л. Науково обґрунтована концепція контролювання ентомофітопатогенного комплексу у посівах пшениці озимої Північного Степу України: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпро, 2024. 44 с.
4. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. 209 с.
5. Коваль Г.В. Рівень інтенсивності зяблевого обробітку ґрунту та фітосанітарний стан посівів короткоротаційної сівозміни Правобережного Лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Умань, 2019. 21 с.
6. Войтовик М.В., Примак І.Д., Цюк Ю.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності короткоротаційних сівозмін: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2025. 284 с.
7. Коваль Г.В., Калієвський М.В., Єщенко В.О., Накльока Ю.І. Вплив інтенсивності основного обробітку ґрунту на поширеність шкідників у посівах ярих культур п'ятипільної сівозміни. *Таврійський науковий вісник*. № 103. 2018. С. 62–69.
8. Сніжок О. В. Ефективність системи захисту та обробітку ґрунту проти шкідливих організмів у посівах кукурудзи на зерно. *Передагірне та гірське землеробство і тваринництво*, Випуск 70(2), 2021. С. 60–72. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-5](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-5)
9. Саблук В. Т., Омелянович Р. В. Видовий склад та щільність ґрунтової ентомофауни за різних систем землеробства у Правобережному Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Випуск 25. 2017. С. 124–130.
10. Поліщук С.В. Заходи контролю шкідливих організмів у посівах сої в зоні Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. Випуск 4 (10). 2023. С. 84–92. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.04.10>
11. Кузьменко Н.В. Вплив добрив на пошкодженість рослин ячменю внутрішньо-стебловими шкідниками. *Агроном*, 2024. № 2(84). С. 50–54.
12. Бакалова А.В., Грицюк Н.В., Дереча О.А. Комплексний захист пшениці озимої від шкідливих організмів агроценозу у зоні Полісся України. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 1-2. С. 5–10.
13. Філоненко С.В., Філоненко В.С. Забур'яненість та ентомо-фітопатологічний стан посівів буряків цукрових за різних способів основного обробітку ґрунту в сівозміні. *Аграрні інновації*. 2025 № 29. С. 179–186. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.29>
14. Гаврилюк Н.М., Кузьменко Л.А., Кириченко А.В. Розвиток хвороб і шкідників у посівах пшениці озимої залежно від агротехнічних заходів. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика. Науково-теоретичний журнал*. Випуск 1 (7). 2023. С. 47–57. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.06> С. 47–57
15. Войтовик М.В., Гентош Д.Т., Красюк Л.М., Цюк О.А. Кореневі гнилі пшениці озимої і гороху в короткоротаційних сівозмінах. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 3(9). С. 15–22. https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2024/02/zemlerobstvo2023_03.pdf
16. Примак І.Д., Мартинюк І.В., Федорук Ю.В. та ін. Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства. Вінниця: «ТВОРИ», 2022. 320 с.
17. Demyanyuk O., Oliinyk K., Davydiuk H., Yula V., Shatkovska K., Mostoviyak I. Productivity of winter wheat under cultivation technologies of different intensity. *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 110, No. 2 (2023), P. 99–110. DOI: 10.13080/z-a.2023.110.013
18. Центило Л.В. Органічні добрива для сучасних систем землеробства: монографія. Івано-Франківськ, 2017. 260 с.
19. Борсук О.І., Ретьман С.В., Чайка В.М. та ін. Методичні рекомендації щодо складання прогнозу розвитку та обліку багаторічних шкідників, шкідників і хвороб зернових, зернобобових культур та багаторічних трав: метод. реком. Київ: Держпродспоживслужба, 2018. 144 с.
20. Трибель С.О., Гетьман М.В., Стригун О.О. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / за ред. С.О. Трибеля. Київ: Колобій, 2010. 392 с.

REFERENCES:

1. Prymak I.D., Kosolap M.P., Panchenko O.B. ta in. (2019). *Mekhanichnyi obrobitor grunt: istoriia, teoriia, praktyka*. [Mechanical tillage: history, theory, practice] Vinnytsia : TOV «TVORY», 428. [in Ukrainian]
2. Kava L.P., Likar Ya.O., Stankevych S.V., Stefionovska T.R., Stankevych O.I. (2024). *Upravlinnia chyselnistiu komakh-fitofahiv : pidruchnyk*. [Managing phytophagous insect populations: a textbook] Kyiv: NUBiP Ukrainy, 320. [in Ukrainian]
3. Matiukha V.L. (2024). *Naukovo obgruntovana kontseptsia kontroliuvannia entomofitopatohennoho kompleksu u posivakh pshenytsi ozymoi Pivnichnoho Stepu Ukrainy: avtoref. dys... d-ra s.-h. nauk : 06.01.01*. [Scientifically substantiated concept of controlling the entomophytopathogenic complex in winter wheat crops of the Northern Steppe of Ukraine. Author's abstract 06.01.01] Dnipro, 44. [in Ukrainian]
4. Shevchenko M.V. (2019). *Naukovi osnovy system obrobittu gruntu v umovakh nestiikoho ta nedostatnoho zvolozhennia : monohrafiia*. [Scientific foundations of soil cultivation systems in conditions of unstable and insufficient moisture : monograph] Kharkiv : KhNAU, Maidan, 209. [in Ukrainian]
5. Koval H.V. (2019). *Riven intensyvnosti ziblevoho obrobittu gruntu ta fitosanitarnyi stan posiviv korotkorotatsiinoi sivozminy Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy : avtoref. dys... kand. s.-h. nauk : 06.01.01*. [The level of intensity of winter tillage and the phytosanitary condition of short-rotation crops in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine: abstract 06.01.01] Uman, 21. [in Ukrainian]
6. Voitovyk M.V., Prymak I.D., Tsiuk Yu.V. (2025). *Ahroekologichni osnovy vidtvorennia rodiuchosti chornozemu typovoho ta pidvyshchennia produktyvnosti korotkorotatsiinykh sivozmin: monohrafiia*. [Agroecological foundations of restoring the fertility of typical black soil and increasing the productivity of short-rotation crop rotations: monograph] Vinnytsia : TOV «Nilan-LTD», 284. [in Ukrainian]
7. Koval H.V., Kaliievskiy M.V., Yeshchenko V.O. Nakloka Yu.I. (2018). *Vplyv intensyvnosti osnovnoho obrobittu gruntu na poshyrenist hkidnykiv u posivakh yarykh kultur piatypilnoi sivozminy*. [Influence of the intensity of asic tillage on the prevalence of pests in spring crops of five-field crop rotation]. *Tavriiskiy naukovy visnyk*. 103. 62-69 [in Ukrainian]
8. Snizhok O. V. (2021). *Efektivnist systemy zakhystu ta obrobittu gruntu proty shkidlyvykh orhanizmiv u posivakh kukurudzy na zerno*. [Effectiveness of the soil protection and cultivation system against harmful organisms in corn crops for grain]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 70(2), 60–72. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-5](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-5) [in Ukrainian]
9. Sabluk, V. T., & Omelianovych, R. V. (2017). *Species composition and density of soil fauna in different farming systems in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine*. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 25, 124–130. [in Ukrainian]
10. Polishchuk S.V. (2023). *Zakhody kontroliu shkidlyvykh orhanizmiv soi v zoni Lisostepu*. [Control measures for soybean pests in the Forest-Steppe zone] *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*. 4 (10). 84–92. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.04.10> [in Ukrainian]
11. Kuzmenko N.V. (2024). *Vplyv dobryv na poshkodzhennist roslyn yachmeniu vnutrishno steblovymy shkidnykamy*. [The effect of fertilizers on damage to barley plants by internal stem pests] *Ahronom*, 2(84). 50–54. [in Ukrainian]
12. Bakalova A.V., Hrytsiuk N.V., Derecha O.A. (2019). *Kompleksnyi zakhyst pshenytsi ozymoi vid shkidlyvykh orhanizmiv ahrotsenozu u zoni Polissia Ukrainy*. [Comprehensive protection of winter wheat from harmful organisms of agrocenosis in the Polissya zone of Ukraine] *Karantyn i zakhyst roslyn*. 1-2. 5–10. [in Ukrainian]
13. Filonenko S.V., Filonenko V.S. (2025). *Zaburianenist ta entomo-fitopatologichnyi stan posiviv buriakiv tsukrovyykh za riznykh sposobiv osnovnoho obrobittu gruntu v sivozmini*. [Weed infestation and entomophytopathological condition of sugar beet crops under different methods of main soil cultivation in crop rotation] *Ahrarni innovatsii*. 29. 179–186. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.29> [in Ukrainian]
14. Havryliuk N.M., Kuzmenko L.A., Kyrychenko A.V. (2023). *Rozvytok khvorob i shkidnykiv u posivakh pshe-nytsi ozymoi zalezno vid ahrotekhnichnykh zakhodiv*. [Development of diseases and pests in winter wheat crops depending on agrotechnical measures] *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*. *Naukovo-teoretychnyi zhurnal*. 1 (7). 47–57. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.06> C. 47–57 [in Ukrainian]
15. Voitovyk M.V., Hentosh D.T., Krasiuk L.M., Tsiuk O.A. (2023). *Korenevi hnyli pshenytsi ozymoi i horokhu v korotkorotatsiinykh sivozminakh*. [Root rots of winter wheat and peas in short-rotation crop rotations.] *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*. 3(9). 15–22. https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2024/02/zemlerobstvo2023_03.pdf [in Ukrainian]
16. Prymak I.D., Martyniuk I.V., Fedoruk Yu.V. ta in. (2022). *Naukovi osnovy suchasnykh system vitchyznianoho zemlerobstva*. [Scientific foundations of modern domestic agricultural systems] Vinnytsia: «TVORY», 320. [in Ukrainian]
17. Demyanyuk O., Oliinyk K., Davydiuk H., Yula V., Shatkovska K., Mostoviyak I. (2023). *Productivity of winter wheat under cultivation technologies of different intensity*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 110. 2, 99–110. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2023.110.013>
18. Tsentylo L.V. (2017). *Orhanichni dobryva dlia suchasnykh system zemlerobstva: monohrafiia*. [Organic fertilizers for modern farming systems : monograph] Ivano-Frankivsk, 260. [in Ukrainian]
19. Borsuk O.I., Retman S.V., Chaika V.M. ta in. (2018). *Metodychni rekomendatsii shchodo skladannia prohnozu rozvytku ta obliku bahatorichnykh shkidnykiv, shkidnykiv i khvorob zernovykh, zernobobovykh kultur ta bahatorichnykh trav: metod. rekom.* [Methodological recommendations for forecasting the development and accounting of perennial pests, pests and diseases of cereals, legumes and perennial grasses] Kyiv : Derzhprospozhyvsluzhba, 144. [in Ukrainian]
20. Trybel S.O., Hetman M.V., Stryhun O.O. (2010). *Metodolohiia otsiniuvannia stiikosti sortiv pshenytsi proty shkidnykiv i zbudnykiv khvorob* [Methodology of assessing the resistance of wheat varieties to pests and disease pathogens]. *Za red. S.O. Trybelia*. Kyiv : Kolobih, 392. [in Ukrainian].

Войтовик М.В., Примак І.Д., Сабадин В.Я., Качан Л.М., Панченко О.Б., Ображій С.В. Ефективність контролювання ентомо-фітопатогенного стану агроценозів зернової сівозміни за різних систем основного обробітку і удобрення чорнозему типового

Мета. Установити оптимальне поєднання систем удобрення і основного обробітку ґрунту, що забезпечить поліпшення ентомо-фітопатогенного стану агробіоценозів та дасть можливість отримати з гектара сівозміни понад 6 т зерна і 10 т кормових одиниць та 0,6 т перетравного протеїну. **Методи.** Дослідження проводили упродовж 2022–2024 рр. на дослідному полі Білоцерківського НАУ. Вивчали чотири варіанти основного обробітку і удобрення чорнозему типового. **Результати.** Установлено, що в польовій спеціалізованій п'ятипольній зерновій сівозміні за постійного мілкого дискового обробітку чорнозему типового істотно погіршується ентомо-фітопатогенний стан агроценозів. Заселеність гороху і пшениці озимої лучним метеликом і личинкою озимої совки істотно відрізняється за чизельно-дискового, диференційованого і дискового обробітків. За підвищення норм добрив чисельність шкідників зростає. Заселеність кукурудзи (після гірчиці білої) лучним метеликом істотно зростає за чизельно-дискового обробітку та істотно знижується за диференційованого. За повторної сівби кукурудзи цей показник істотно підвищується за чизельно-дискового та неістотно зменшується за диференційованого обробітку. Заселеність дрітрянками пшениці озимої, гороху і кукурудзи після гірчиці білої вища за чизельно-дискового обробітку, істотне зниження було за диференційованого обробітку. Істотне зниження поширення і розвиток бурі іржі та септоріозу в агроценозі пшениці озимої, білої гнилі в агроценозі гороху спостерігається за диференційованого обробітку. **Висновки.** З урахуванням побічної продукції рілнничих рослин продуктивність сівозміни істотно нижча за безпліцево-дискового і постійного дискового обробітків. Застосування культурної оранки на глибину 25–27 см під кукурудзу за диференційованого обробітку в сівозміні забезпечує найвищий вихід зерна на удобрених ділянках.

Ключові слова: ґрунт, сівозміна, агроценози, обробіток, удобрення, шкідники, хвороби.

Voitovyk M.V., Prymak I.D., Sabadyn V.Ya., Kachan L.M., Panchenko O.B., Obrazhii S.V. Effectiveness of controlling the entomo-phytopathogenic state of agroecosystems of grain crop rotation under various systems of main treatment and fertilization of typical chernozem soil

Purpose. To establish the optimal combination of fertilization systems and main tillage, which will ensure the improvement of the entomo-phytopathogenic state of agroecosystems and will make it possible to obtain more than 6 tons of grain and 10 tons of feed units and 0.6 tons of digestible protein per hectare of crop rotation. **Methods.** The study was conducted during 2022–2024 on the experimental field of the Bila Tserkva National Agricultural University. Four options for the main tillage and fertilization of typical chernozem were studied. **Results.** It was established that in a field specialized five-field grain crop rotation with constant shallow disk cultivation of typical chernozem, the entomo-phytopathogenic state of agroecosystems significantly worsens. The population of peas and winter wheat by meadow moth and winter scoop larva differs significantly under chisel-disk, differentiated and disk cultivations. With increasing fertilizer rates, the number of pests increases. The population of corn (after white mustard) by meadow moth increases significantly under chisel-disk cultivation and significantly decreases under differentiated cultivation. With repeated sowing of corn, this indicator increases significantly under chisel-disk cultivation and insignificantly decreases under differentiated cultivation. The population of winter wheat, peas and corn by wireworms after white mustard is higher than under chisel-disk cultivation, a significant decrease was observed under differentiated cultivation. A significant decrease in the spread and development of brown rust and septoria in the agroecosystem of winter wheat, white rot in the agroecosystem of peas is observed under differentiated cultivation. **Conclusions.** Taking into account the by-products of arable plants, the productivity of crop rotation is significantly lower than that of the no-till and permanent disk cultivation. The use of cultural plowing to a depth of 25–27 cm under corn with differentiated cultivation in crop rotation provides the highest grain yield on fertilized areas.

Key words: soil, crop rotation, agroecosystems, cultivation, fertilizers, pests, diseases.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 633.16"321": 631.543: 631.82: 631.811.98
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.5>

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ВІД ВПЛИВУ КОМБІНОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ЛИСТКОВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ РОСЛИН МІКРОДОБРИВОМ

ГОРАШ В.О. – аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва
orcid.org/0009-0004-0310-1672
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Нині часто для характеристики результатів наукових досліджень використовують таке поняття, як «початкові основи продуктивності». За цим передбачено розуміння і значення саме в аспекті того, що як розпочався розвиток такі і будуть кінцеві результати всього процесу вирощування. Вже майже півстоліття займає історія питання про роль і значення польової схожості насіння та виживання рослин в процесі формування агрофітоценозу сільськогосподарських культур. Пильність інтересів в науковому агрономічному середовищі до питання польової схожості насіння та збереженості рослин часто містить суперечливий характер дискусій, який незважаючи на це спрямовує до однозначного підсумку, а саме про необхідність надання цьому питанню першочергового значення [1, 2, 3, 4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання підвищення продуктивності ячменю займало багатьох дослідників. Природно-кліматичні умови України досить сприятливі для вирощування багатьох важливих стратегічних сільськогосподарських культур. Це дає можливість Україні займати досить важливу позицію в світовому ринку зерна [5]. У зв'язку із глобальними та регіональними змінами клімату сівба ячменю ярого із строками зазнала зміщень до самих ранніх березневих за умов сприятливого надходження тепла. Такі можливості доцільно використати з метою підвищення продуктивності культури ячменю. Після настання сприятливих ранніх весняних «технологічних вікон» згодом часто настають похолодання, значні перепади добових температур, випадання дощу зі снігом. На це слід звертати увагу не тільки в технологічному напрямку, але і в селекційному щодо культури ячменю ярого [6, 7]. Актуальними за таких ранніх строків сівби, які безперечно є доцільними у зв'язку із збереженням вологи, займають увагу питання щодо ячменю ярого як польова схожість насіння, так і збереженість рослин вже майже два десятиліття [8]. У зв'язку із змінами умов зовнішнього середовища актуальним стало питання щодо строків сівби та схожості насіння також і для озимих зернових культур [9]. Відповідно набули популярності виходячи за таких умов питання наукових досліджень щодо обробки насіння біопрепаратами, застосування елементів технології, які відносяться до фоліарного застосування мікродобрих і таке інше [10, 11, 12].

Важливою складовою частиною агробіологічного контролю в технології вирощування в конкретних умовах

є перша оцінка стану посівів за отриманими результатами польової схожості насіння. Друга важлива характеристика досконалості технології вирощування є не що інше як збереженість рослин після отриманих сходів. Цих двох характеристик процесу формування посівів достатньо щоби зробити аргументований висновок про ефективність використання потенціала продуктивності сучасних високоврожайних сортів. Перші зусилля технологічного процесу вирощування спрямовані на отримання високої польової схожості насіння. Проростання насіння в польових умовах належить до статусу критичного процесу, який залежить від достатньо багатьох факторів, яким слід надавати особливо важливого значення. Ячмінь за біологічними особливостями початкового росту та розвитку виділяється тим, що спочатку з'являється зародкова коренева система. Проросток проростає захищено під плівкою деякий період. Лише після початкового функціонування зародкової кореневої системи, яка вже засвоює з ґрунтового розчину елементи мінерального живлення розпочинається ріст проростка під поверхню ґрунту. За умови різномірного процесу переходу зародкової кореневої системи насіння на двохджерельне живлення забезпечується диференціація розвитку посівів з самого початку. Такий стартовий ріст як правило спричиняє до збільшення тривалості настання сходів. В науковій та навчальній літературі часто звертають увагу на вимогу отримати дружні сходи, проте як забезпечити такі вимоги не повідомляється. В літературних джерелах відсутня інформація про те, за який період тривалості настання сходів, зокрема зернових культур маємо підстави заявити про дружні сходи. Немає нині обґрунтованих підстав, щоб при настанні 75% сходів вважати дату настання сходів. Якщо після 75% отриманих сходів рослин ще продовжується процес з'явлення сходів, такий результат є реальною підставою вважати, що диференційований розвиток посівів в наступному буде гарантований. Перелік науково-технологічних інтересів до зернової культури ячменю ярого обширний. Останнім часом, досить широкої популярності набули зусилля спрямовані на дослідження застосування листового підживлення рослин ячменю та багатьох інших сільськогосподарських культур, різних за спрямуванням використання отриманої продукції в процесі вирощування. В узагальненому значенні виробництво зерна зернових культур, в тому числі ячменю відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої



© Гораш В.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

безпеки. Позакореневе підживлення рослин належить до інноваційних рішень у забезпеченні надійності та стабільності технологій аграрного сектора економіки. Цей технологічний захід став затребуваним в технології вирощування пшениці [13, 14]. З урахуванням обставин необхідності підвищення урожайності сільськогосподарських культур в наукових публікаціях наголошується на ефективності позакореневого підживлення мікродобривами рослин кукурудзи, сояшника, сої [15, 16, 17, 18]. Мікродобрива містять комплекс мікроелементів, які часто є ключовим компонентом простетичних груп ферментів посилюючи завдяки цьому обмін речовин. Мідь працює як індивідуальна простетична група в цитохромоксидазі або поліфенолоксидазі, де вона безпосередньо переносить електрони. Цинк міцно вшитий в активний центр карбоангідрази для активації субстрату. Залізо є обов'язковим компонентом, як кофактор для ферментів, які синтезують хлорофіл.

Фоліарне (позакореневе) підживлення ячменю ярого сьогодні вважається не просто додатковим заходом, а критичним елементом інтенсивної технології вирощування. Його основне значення полягає у швидкому коригуванні живлення, коли коренева система не справляється через стреси.

Мета досліджень – встановити залежність польової схожості насіння та збереження рослин ячменю ярого від застосування мінеральних добрив та листового підживлення рослин під час вегетації мікродобривом.

Матеріал та методика досліджень. Об'єкт дослідження – процес формування агрофітоценозу ярого ячменю сорту Себастьян залежно від впливу факторів задіяних в експерименті. Норма висіву насіння 300 шт./м², спосіб сівби звичайний рядковий за ширини міжрядь 15 см. Варіанти мінерального удобрення: N₀P₀K₀, (контроль), N₁₅P₁₅K₁₅, N₃₀P₃₀K₃₀, N₄₅P₄₅K₄₅, N₆₀P₆₀K₆₀. Для дослідження впливу листового підживлення на збереженість рослин ячменю ярого використано фоліарне висококонцентроване добриво у формі гелю GelyFLOW 9-44-20, яке містить специфічне співвідношення макроелементів з акцентом на фосфор, калій та комплекс мікроелементів B, Cu, Mn, Zn, Fe збалансованої концентрації. Варіанти застосування добрива GelyFLOW: перше – напочатку фази кушніння рослин за настання трьох-чотирьох розвинутих листків, друге – через 15 днів. Норма використання добрива 1,5 л/га, у відповідності робочого розчину 200 л/га. Для встановлення польової схожості насіння та збереженості рослин облік проводили на виділених пробних ділянках. Польову схожість встановлювали після настання сходів, збереженість

рослин при повній стиглості перед збиранням урожаю. В організації польових досліджень дотримані вимоги наукової агрономії [19, 20].

Результати досліджень. В результаті проведених досліджень встановлено вплив застосованих мінеральних добрив на польову схожість насіння ячменю ярого (табл. 1). У 2024 р. на варіанті без застосування мінеральних добрив польова схожість насіння становила 89,0 ± 0,82, на варіанті норми добрив N₁₅P₁₅K₁₅ – 91,1 ± 0,51, різниця між показниками 2,1% перевищує найменшу істотну різницю ($t_{\phi} = 2,17 > t_{0,05} = 2,10$), що доказує про вплив мінеральних добрив на схожість насіння в польових умовах. Показник на варіанті норми добрив N₃₀P₃₀K₃₀ становив 91,5 ± 0,78, що істотно більше на 2,5% порівняно до контролю ($t_{\phi} = 2,21 > t_{0,05} = 2,10$). За норми добрив N₄₅P₄₅K₄₅ польова схожість насіння 91,4 ± 0,73 також була істотно більшою порівняно до контрольного варіанта. Різниця 2,4% за встановленого критерію Стюдента істотна ($t_{\phi} = 2,19 > t_{0,05} = 2,10$). За умови внесення мінеральних добрив у нормі N₆₀P₆₀K₆₀ показник польової схожості становив 91,2 ± 0,63. Різниця порівняно контролю становила 2,2% і була істотна ($t_{\phi} = 2,13 > t_{0,05} = 2,10$). Статистично значущих розходжень даних польової схожості насіння між варіантами норм добрив не встановлено.

У 2025 р. на варіанті без внесення добрив польова схожість насіння становила 91,0%. За умови внесення мінеральних добрив у нормі N₁₅P₁₅K₁₅ отримано показник 93,6 ± 0,60, різниця порівняно контролю 2,6% була істотною ($t_{\phi} = 2,66 > t_{0,05} = 2,10$). Внесення норми мінеральних добрив N₃₀P₃₀K₃₀ сприяло покращенню польової схожості насіння на 2,9%, різниця статистично значуща при $t_{\phi} = 2,48 > t_{0,05} = 2,10$. При внесенні норми добрив N₄₅P₄₅K₄₅ отримано значення показника 93,2 ± 0,69, що більше порівняно даних контрольного варіанта на 2,2%, встановлене $t_{\phi} = 2,13 > t_{0,05} = 2,10$. Внесення добрив у нормі N₆₀P₆₀K₆₀ також забезпечило кращу польову схожість насіння. Відповідно показник становив 93,5 ± 0,90, що істотно більше контролю на 2,5% ($t_{\phi} = 2,11 > t_{0,05} = 2,10$). Достовірної різниці у порівнянні між даними отриманими на варіантах добрив N₁₅P₁₅K₁₅, N₃₀P₃₀K₃₀, N₄₅P₄₅K₄₅ та N₆₀P₆₀K₆₀ не встановлено. Застосування мінеральних добрив також, як і в 2024 р. забезпечило істотне збільшення параметрів показника польової схожості насіння в межах 2,2–2,9% порівняно до даних контрольного варіанта N₀P₀K₀.

У 2026 р. закономірність впливу мінеральних добрив на польову схожість насіння ячменю ярого є аналогічною до встановленої в 2024, 2025 рр. На контрольному

Таблиця 1

Польова схожість насіння ячменю ярого залежно від впливу застосованих мінеральних добрив, %

Норми добрив, кг/га д. р.	Рік			Середнє по добривах
	2024	2025	2026	
N ₀ P ₀ K ₀	89,0±0,82	91,0±0,77	90,0±0,66	90,0
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	91,1±0,51	93,6±0,60	92,5±0,82	92,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	91,5±0,78	93,9±0,88	92,4±0,89	92,6
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	91,4±0,73	93,2±0,69	92,2±0,75	92,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	91,2±0,63	93,5±0,90	92,6±0,58	92,4
Середнє по роках	90,8	93,0	91,9	91,9

варіанті показник становив $90,0 \pm 0,66$, а внесення добрив у нормі $N_{15}P_{15}K_{15}$ забезпечило кращу польову схожість насіння $92,5 \pm 0,82$, різниця 2,5% істотна при $t_{\phi} = 2,38 > t_{0,05} = 2,10$. Отримана польова схожість насіння ячменю ярого на варіанті удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ – $92,4 \pm 0,89$ характеризується достовірним значенням покращення параметрів показника порівняно до контрольного варіанта на 2,4%. Встановлене статистичне значення $t_{\phi} = 2,17 > t_{0,05} = 2,10$. Показник на варіанті без внесення мінеральних добрив $90,0 \pm 0,66$ був істотно меншим на 2,2% порівняно до показника $92,2 \pm 0,75$ отриманого при вирощуванні ячменю на варіанті досліді норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$. Встановлений критерій Стьюдента фактичний 2,20 при теоретичному значенні $t_{0,05} = 2,10$. За порівняння даних контрольного варіанта $N_0P_0K_0$ – $90,0 \pm 0,66$ та варіанта удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ – $92,6 \pm 0,58$ різниця достовірна – 2,6% при $t_{\phi} = 2,96 > t_{0,05} = 2,10$. За статистичними розрахунками суттєвих розходжень в порівнянні між даними польової схожості насіння ячменю ярого отриманих за різних норм внесення мінеральних добрив не встановлено.

Отже, доведено істотний вплив застосування мінеральних добрив при вирощуванні ячменю ярого на сірих опідзолених ґрунтах на покращення польової схожості насіння. В результаті в середньому за три роки при внесенні норм добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано відповідно показники 92,4; 92,6; 92,3; 92,4%, на варіанті без застосування – 90,0%. Польова схожість насіння ячменю ярого не залежала від норм мінеральних добрив включених в експериментальне дослідження.

Актуальність питання збереження рослин в технологіях вирощування сільськогосподарських культур від кількості тих, які забезпечили сході належить до категорії не менш важливих завдань в процесі формування високопродуктивного агрофітоценозу (табл. 2).

Встановлено істотний вплив мінеральних добрив на збереженість рослин ячменю ярого на основі достовірних різниць за результатами порівняння середніх арифметичних з параметрами показників отриманих на варіанті контроль – $N_0P_0K_0$. На основі аналізу даних у 2024 р. при порівнянні значень $94,6 \pm 1,05$ на варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ та $91,3 \pm 0,84$ на варіанті $N_0P_0K_0$, різниця середніх арифметичних 3,3% достовірна при $t_{\phi} = 2,45 > t_{0,05} = 2,10$. Внесення добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ показало також істотно більше збереження рослин порівняно з контролем на 3,7% ($t_{\phi} = 2,39 > t_{0,05} = 2,10$). На варіанті добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ отримано показник збереження рослин $95,5 \pm 0,76$, порівняно до контролю значення

було істотно більшим на 4,2%, встановлене $t_{\phi} = 3,71 > t_{0,05} = 2,10$. На варіанті удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ збереження рослин ячменю ярого становило $94,8 \pm 1,25$. Порівняно до даних контрольного варіанта $91,3 \pm 0,84$ різниця достовірна і становила 3,5% ($t_{\phi} = 2,32 > t_{0,05} = 2,10$).

У 2025 р. встановлено збереженість рослин від кількості, які забезпечили сході на варіанті без добрив на рівні $90,0 \pm 0,96$. На варіанті удобрення $N_{15}P_{15}K_{15}$ значення показника було більшим – $95,5 \pm 0,90$. Різниця в результаті впливу добрива на збереженість рослин 5,5% є достовірною ($t_{\phi} = 4,18 > t_{0,05} = 2,10$). При внесенні норми добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ показник становив $96,0 \pm 1,00$, що істотно більше за параметр контролю на 6,0% відповідно $t_{\phi} = 4,33 > t_{0,05} = 2,10$. На варіанті удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ збереженість характеризується значенням $95,8 \pm 1,22$, різниця порівняно даних збереження рослин на варіанті без застосування мінеральних добрив становить 5,8% і є істотною $t_{\phi} = 3,74 > t_{0,05} = 2,10$. За норми добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ також збереження рослин ячменю ярого було високим за отриманого показника $95,1 \pm 1,38$, що істотно більше порівняно до отриманих результатів контрольного варіанта $N_0P_0K_0$ на 5,1% ($t_{\phi} = 3,03 > t_{0,05} = 2,10$).

У 2026 р. закономірність збереження рослин в процесі вирощування ячменю ярого на сірих опідзолених ґрунтах залежно від впливу на цей процес застосування мінеральних добрив аналогічна до встановленої у 2024 та 2025 рр. На варіанті без застосування добрив збереженість становила 92,3%. За умови внесення добрив у нормі $N_{15}P_{15}K_{15}$ отримано параметр $96,3 \pm 0,87$. Різниця даних 4,0% істотна за розрахунками $t_{\phi} = 3,40 > t_{0,05} = 2,10$. На варіанті добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ отримано показник збереження рослин $96,1 \pm 0,98$, який порівняно до даних контролю був істотно більшим на 3,8% ($t_{\phi} = 3,02 > t_{0,05} = 2,10$). При внесенні норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ показник аналогічний до попередніх – $96,4 \pm 1,10$. Порівняно до даних варіанта без добрив $92,3 \pm 0,79$ різниця істотна – 4,1% ($t_{\phi} = 3,03 > t_{0,05} = 2,10$). Варіант удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ також забезпечив збереженість рослин на рівні $95,8 \pm 1,19$, що істотно більше порівняно до даних варіанта без застосування мінеральних добрив на 3,5% ($t_{\phi} = 2,45 > t_{0,05} = 2,10$).

Отже, внесення мінеральних добрив відповідно норм $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ в процесі вирощування ячменю ярого сприяє покращенню процесу збереження рослин. В середньому за три роки отримано показники, які становлять 95,5; 95,7; 95,9; 95,2%. На варіанті без застосування добрив збереженість була значно меншою – 91,2%.

Таблиця 2

Збереженість рослин ячменю ярого залежно від впливу застосованих мінеральних добрив, %

Норми добрив, кг/га д. р.	Рік			Середнє по добривах
	2024	2025	2026	
$N_0P_0K_0$	$91,3 \pm 0,84$	$90,0 \pm 0,96$	$92,3 \pm 0,79$	91,2
$N_{15}P_{15}K_{15}$	$94,6 \pm 1,05$	$95,5 \pm 0,90$	$96,3 \pm 0,87$	95,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	$95,0 \pm 1,30$	$96,0 \pm 1,00$	$96,1 \pm 0,98$	95,7
$N_{45}P_{45}K_{45}$	$95,5 \pm 0,76$	$95,8 \pm 1,22$	$96,4 \pm 1,10$	95,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	$94,8 \pm 1,25$	$95,1 \pm 1,38$	$95,8 \pm 1,19$	95,2
Середнє по роках	94,2	94,5	95,4	94,7

Таблиця 3

Вплив листового підживлення мікродобривом на збереження рослин ячменю ярого, %

Норми добрив, кг/га д. р.	Рік			Середнє по добривах
	2024	2025	2026	
$N_{15}P_{15}K_{15}$	97,6±0,81	98,2±0,77	99,0±0,65	98,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$	98,4±0,72	98,6±0,71	98,9±0,85	98,6
$N_{45}P_{45}K_{45}$	97,9±0,78	98,8±0,69	99,3±0,81	98,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	98,6±0,74	98,7±0,94	98,8±0,70	98,7
Середнє по роках	98,1	98,6	99,0	98,6

Застосування листового підживлення мікродобривом GelyFLOW ячменю ярого сприяло посиленню процесу збереження рослин під час формування посівів. Отримані позитивні результати при дворазовому листовому підживленні рослин. Порівняно до результатів отриманих при внесенні мінеральних добрив, агроприйом листового підживлення додатково сприяв покращенню збереження рослин в межах 2,4–3,8% (табл. 3).

У 2024 р. на варіанті $N_{15}P_{15}K_{15}$ при застосуванні листового підживлення збереженість рослин ячменю становила $97,6 \pm 0,81$, різниця порівняно до показника $94,6 \pm 1,05$ (табл. 2) становить 3,0% і є достовірною ($t_{\phi} = 2,26 > t_{0,05} = 2,10$). При застосуванні мікродобрива на варіанті $N_{30}P_{30}K_{30}$ отримано показник $98,4 \pm 0,72$, порівняно до показника $95,0 \pm 1,30$ різниця істотна 3,4%, де $t_{\phi} = 2,29 > t_{0,05} = 2,10$. При удобренні $N_{45}P_{45}K_{45}$ застосування мікродобрива сприяло збільшенню збереженості рослин додатково на 2,4%, де показник становив $97,9 \pm 0,78$ порівняно до показника $95,5 \pm 0,76$, різниця істотна при $t_{\phi} = 2,20 > t_{0,05} = 2,10$. На варіанті удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ при застосуванні мікродобрива GelyFLOW отримано значення показника $98,6 \pm 0,74$, що забезпечило збільшення збереженості рослин на 3,8% порівняно до показника $94,8 \pm 1,25$ на цьому ж удобренні без листового підживлення рослин. Різниця 3,8% істотна ($t_{\phi} = 2,62 > t_{0,05} = 2,10$).

Результати листового підживлення рослин ячменю ярого у 2025 р. за закономірністю впливу на посилення збереження рослин залишаються такими, які були встановлені у 2024 р. Так, значення показника покращилося на 2,7% на варіанті удобрення $N_{15}P_{15}K_{15}$ за порівняння даних $98,2 \pm 0,77$ та $95,5 \pm 0,90$, де встановлене $t_{\phi} = 2,28 > t_{0,05} = 2,10$. На варіанті удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ збереженість рослин покращилася на 2,6% за порівняння отриманих даних $98,6 \pm 0,71$ та $96,0 \pm 1,00$ ($t_{\phi} = 2,12 > t_{0,05} = 2,10$). Покращення збереження рослин також встановлено на варіанті досліді $N_{45}P_{45}K_{45}$, де застосовано листове мікродобриво. За порівняння даних $98,8 \pm 0,69$ та $95,8 \pm 1,22$ отримано істотну різницю 3,0% при встановленому критерії достовірності $t_{\phi} = 2,14 > t_{0,05} = 2,10$. Аналогічно на варіанті удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ встановлено покращення збереження рослин при обробці рослин мікродобривом під час процесу кушіння. За порівняння показників $98,7 \pm 0,94$ та $95,1 \pm 1,38$, різниця 3,6% достовірна ($t_{\phi} = 2,16 > t_{0,05} = 2,10$).

Статистичний аналіз даних отриманих у 2026 р. також стверджує закономірність позитивного впливу листового підживлення рослин на покращення збереження рослин. На варіанті комбінованого застосування

мінерального удобрення $N_{15}P_{15}K_{15}$ та мікродобрива GelyFLOW показник становив $99,0 \pm 0,65$, а на варіанті без застосування мікродобрива значення параметра було меншим – $96,3 \pm 0,87$, різниця 2,7% достовірна ($t_{\phi} = 2,49 > t_{0,05} = 2,10$). На варіанті мінерального удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ із застосуванням мікродобрива GelyFLOW показник становив $98,9 \pm 0,85$, а на варіанті без використання мікродобрива – $96,1 \pm 0,98$, різниця 2,8% істотна ($t_{\phi} = 2,16 > t_{0,05} = 2,10$). Аналогічна закономірність впливу листового підживлення рослин ячменю і на варіанті удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$. Отримані відповідно показники на варіанті внесення мінеральних добрив і дворазового листового підживлення мікродобривом, а також на варіанті без мікродобрива: $99,3 \pm 0,81$ та $96,4 \pm 1,10$, де різниця 2,9% достовірна при $t_{\phi} = 2,12 > t_{0,05} = 2,10$. На варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ також додаткове підживлення мікродобривом під час кушіння забезпечило підвищення процесу збереження рослин ячменю. Отримані значення для варіанта $N_{60}P_{60}K_{60}$ та GelyFLOW – $98,8 \pm 0,70$ і для варіанта $N_{60}P_{60}K_{60}$ без листового підживлення рослин мікродобривом – $95,8 \pm 1,19$ різняться достовірним значенням на рівні 3,0%, де встановлено $t_{\phi} = 2,17 > t_{0,05} = 2,10$.

Отже, дворазове застосування фоліарного підживлення мікродобривом GelyFLOW ячменю ярого під час процесу кушіння рослин забезпечило збільшення їх збереженості на варіантах удобрення $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ в середньому в межах 2,4–3,8% за отриманих показників на рівні 98,3–98,7%.

Висновки. Доведено вплив мінеральних добрив при вирощуванні ячменю ярого на сірих опідзолених ґрунтах на покращення польової схожості насіння. В середньому по досліді за три роки досліджень при внесенні мінеральних добрив у нормах $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано показник 92,4%, на варіанті без застосування мінеральних добрив параметр показника був меншим на 2,4% і становив 90,0%. Залежність польової схожості насіння від норм мінеральних добрив задіяних в експерименті не встановлено.

Доведено вплив на процес збереження рослин ячменю ярого застосованих мінеральних добрив. В середньому по досліді при внесенні норм добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано показник збереження – 95,6%. На варіанті без застосування мінеральних добрив значення показника становило 91,2%, що менше на 4,4%. Впливу норм мінеральних добрив на збереженість рослин не встановлено.

Дворазове застосування фоліарного мікродобрива GelyFLOW під час процесу кушіння рослин ячменю

за норми використання 1,5 л/га забезпечило збільшення збереження рослин на 3,0%. В середньому по досліді при вирощуванні на варіантах мінерального удобрення отримано показник 98,6%. Залежності впливу листового підживлення ячменю мікродобривом на процес збереження рослин від норм мінеральних добрив не встановлено.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Климишена Р.І. Польова схожість та виживання рослин озимого пивоварного ячменю залежно від внесених мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 71–73.
- Свинар М.М. Залежність польової схожості та загального виживання рослин пшениці озимої залежно від впливу добрив та норм висіву насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С. 154–158. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.138.19.
- Михайлюк Д.В., Хахула В.С., Правдива Л.А., Кирута Ю.Л. Польова схожість насіння пшениці озимої залежно від особливостей, норм висіву та біопрепаратів. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 94–98. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.31.16.
- Гораш О.С., Куфель А.В. Польова схожість та збереженість рослин пивоварного ячменю ярого залежно від строків сівби та норм висіву насіння. *Агробіологія*. 2016. № 2. С. 23–26.
- Патика Н.І., Приб Н.А. Світовий ринок рослинницьких продуктів та позиції України на ньому. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2019. Вип. 1 (69). С. 107–114. DOI: 10.32782/2520-2200/2019-1-16.
- Лінчевський А.А., Легкун І.Б. Нове ставлення до культури ячменю і селекція в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9 (810). С. 34–42. DOI: 10.31073/agroviznyk202009-05.
- Кирильчук А.М., Щербиніна Н.П., Чухлеб С.Л. Ячмін – стан та шляхи збільшення виробництва зерна. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 90–103. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.11.
- Гораш О.С. Управління продукційним процесом пивоварного ячменю: ПП «Медобори-2006», 2017. 368 с.
- Кривенко А.І. Вплив строків сівби на польову схожість та тривалість проходження фенофаз розвитку рослин озимих зернових культур. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 110, ч. 1. С. 103–112. DOI: 10.32851/2226-0099.
- Аверчев О.В., Нікітенко М.П. Вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на продуктивність ячменю ярого. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 135. С. 3–11. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.135.1.1.
- Hagos, B., Abrha, B., Abraha, A., Girmay, G. Effect of Fe and Zn and Their Timing of Foliar Application on Barley (*Hordeum vulgare* L.) Yield, Yield Components and Grain Quality in South Eastern Tigray, Ethiopia. *Research Square*. 2025. Version 1. P. 1–24. DOI: 10.21203/rs.3.rs-7833472/v1.
- Janmohammadi M., Amanzade T., Sabaghnia N., Dashti S. Impact of foliar application of nanomicro nutrient fertilizers and titanium dioxide nanoparticles on the growth and yield components of barley under supplemental irrigation. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2016. Vol. 107, No. 2. P. 265–276. DOI: 10.14720/aas.2016.107.2.01.
- Кліпакова Ю.О., Білоусова З.В., Кенєва В.А., Коротка І.О. Вплив системи живлення на урожайність та якість зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 41–46. DOI: 10.32848/agrar.innov.2021.8.6.
- Malimbayeva A., Amangaliyev B., Zhusupbekov E., Oshakbayeva Z., Soltanayeva A., Sagimbayeva A., Rustemova K., Batyrbek M. Foliar fertilization enhances oil flax yield and quality in semi-arid rainfed zones. *International Journal of Agriculture and Biosciences*. 2025. Vol. 14, No. 6. P. 1261–1270. DOI: 10.47278/journal.ijab/2025.141.
- Jarecki, W., Borza, I., Rosan, C.A., Domuța, C.G., & Vicas, S.I. The Effect of Foliar Micronutrient Fertilization on Yield and Nutritional Quality of Maize Grain. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, no 8. P. 1859. DOI: 10.3390/agronomy15081859
- Krizsán P., Tóth Á.T., Bencze G. The effect of foliar fertilization on increasing yield and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation. *Research Journal of Agricultural Science*. 2023. Vol. 55, no. 1. P. 159–168.
- Mandić, V., Simić, A., Krnjaja, V., Bijelić, Z., Tomić, Z., Stanojković, A., Ruzić Muslić, D. Effect of Foliar Fertilization on Soybean Grain Yield. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2015. Vol. 31, Issue 1. P. 133–143. DOI: 10.2298/BAH1501133M
- Дідур І.М. Вплив обробки насіння та позакоренових підживлень на формування продуктивності рослин сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2023. Вип. 1 (51). С. 37–43. DOI: 10.32782/agrobio.2023.1.5.
- Дідора В.Г., Смаглій О.Ф., Ермантраут Е.Р. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
- Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / за ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД "Едельвейс і К"», 2014. 332 с.

REFERENCES:

- Klymyshena, R.I. (2012). Polova skhozhist ta vyzhyvan-nia roslyn ozymoho pyvovarnoho yachmeniu zalezno vid vnesenykh mineralnykh dobyrv ta norm vysivu nasinnia [Field germination and survival of winter malting barley plants depending on applied mineral fertilizers and seeding rates]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 14, 71–73. [in Ukrainian].
- Svynar, M.M. (2024). Zalezhnist polovoї skhozhosti ta zahalnoho vyzhyvannia roslyn pshenytsi ozymoї zalezno vid vplyvu dobyrv ta norm vysivu nasinnia [Dependence of field germination and overall survival of winter wheat plants depending on the influence of mineral fertilizer and seeding rates]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 138, 154–158. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.138.19 [in Ukrainian].
- Mykhailiuk, D.V., Khakhula, V.S., Pravdyva, L.A., & Kyryuta, Yu.L. (2025). Polova skhozhist nasinnia pshe-nytsi ozymoї zalezno vid osoblyvosti, norm vysivu ta biopreparativ [Field germination of winter wheat seeds

- depending on varietal characteristics, seeding rates, and biological preparations]. *Ahrarni Innovatsii*, 31, 94–98. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2025.31.16> [in Ukrainian].
4. Horash, O.S., & Kufel, A.V. (2016). Polova skhozhist ta zberezhenist roslyn pyvovarnoho yachmeniu yarocho zalezho vid strokiv sivby ta norm vysivu nasinnia [Field germination and preservation of spring malting barley plants depending on sowing dates and seeding rates]. *Ahrobiolohiia*, 2, 23–26. [in Ukrainian].
 5. Patyka, N.I., & Prib, K.A. (2019). Svitovyi rynek roslynnytskykh produktiv ta pozytsii Ukrainy na nomu [The global market of crop products and Ukraine's position in it]. *Problemy Systemnoho Pidkhodu v Ekonomitsi*, 1(69), 107–114. DOI: 10.32782/2520-2200/2019-1-16. [in Ukrainian].
 6. Linchevskiy, A.A., & Lehkun, I.B. (2020). Nove stavlennia do kultury yachmeniu i selektsiia v umovakh zminy klimatu [A new approach to barley cultivation and breeding under climate change conditions]. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 9(810), 34–42. DOI: 10.31073/agrovisnyk202009-05 [in Ukrainian].
 7. Kyrylchuk, A.M., Shcherbynina, N.P., & Chukhlieb, S.L. (2023). Yachmin – stan ta shliakhy zbilshennia vyrobnytstva zerna [Barley: current state and ways to increase grain production]. *Tavriiskiyi Naukovyi Visnyk*, 131, 90–103. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.11 [in Ukrainian].
 8. Horash, O.S. (2017). Upravlinnia produktsiynym protsesom pyvovarnoho yachmeniu: [Management of the production process of malting barley]. PP «Medobory-2006», 368. [in Ukrainian].
 9. Kryvenko, A.I. (2019). Vplyv strokiv sivby na polovu skhozhist ta tryvalist prokhodzhennia fenofaz rozvytku roslyn ozymykh zernovykh kultur [Influence of sowing dates on field germination and duration of developmental growth stages in winter cereal crops]. *Tavriiskiyi Naukovyi Visnyk*, 110(1), 103–112. DOI: 10.32851/2226-0099. [in Ukrainian].
 10. Averchev, O.V., & Nikitenko, M.P. (2024). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia biopreparatamy na produktyvnist yachmeniu yarocho [Influence of pre-sowing seed treatment with biological preparations on spring barley productivity]. *Tavriiskiyi Naukovyi Visnyk*, 135, 3–11. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.135.1.1. [in Ukrainian].
 11. Hagos, B., Abrha, B., Abraha, A., Girmay, G. (2025). Effect of Fe and Zn and Their Timing of Foliar Application on Barley (*Hordeum vulgare* L.) Yield, Yield Components and Grain Quality in South Eastern Tigray, Ethiopia. *Research Square*, 1, 1–24. DOI: 10.21203/rs.3.rs-7833472/v1.
 12. Janmohammadi M., Amanzade T., Sabaghnia N., Dashti S. (2016). Impact of foliar application of nano micronutrient fertilizers and titanium dioxide nanoparticles on the growth and yield components of barley under supplemental irrigation. *Acta Agriculturae Slovenica*, 107(2), 265–276. DOI: 10.14720/aas.2016.107.2.01.
 13. Klipakova, Yu.O., Bilousova, Yu.A., Kenieva, Z.V., & Korotka, I.O. (2021). Vplyv systemy zhyvlennia na urozhaishn ta yakist zerna pshenytsi ozymoi [Influence of nutrition systems on yield and grain quality of winter wheat]. *Ahrarni Innovatsii*, 8, 41–46. DOI: 10.32848/ahrar.innov.2021.8.6. [in Ukrainian].
 14. Malimbayeva, A., Amangaliyev, B., Zhusupbekov, E., Oshakbayeva, Z., Soltanayeva, A., Sagimbayeva, A., Rustemova, K., & Batyrbek, M. (2025). Foliar fertilization enhances oil flax yield and quality in semi-arid rainfed zones. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 14(6). P. 1261–1270. DOI: 10.47278/journal.ijab/2025.141.
 15. Jarecki, W., Borza, I., Rosan, C.A., Domuța, C.G., & Vicas, S.I. (2025). The Effect of Foliar Micronutrient Fertilization on Yield and Nutritional Quality of Maize Grain. *Agronomy*, 15(8), 1859. DOI: 10.3390/agronomy15081859
 16. Krizsán P., Tóth Á.T., & Bencze G. (2023). The effect of foliar fertilization on increasing yield and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation. *Research Journal of Agricultural Science*, 55(1), 159–168.
 17. Mandić, V., Simić, A., Krnjaja, V., Bijelić, Z., Tomić, Z., Stanojković, A., & Ruzić Muslić, D. (2015). Effect of Foliar Fertilization on Soybean Grain Yield. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31(1), 133–143. DOI: 10.2298/BAH1501133M
 18. Didur, I.M. (2023). Vplyv obrobky nasinnia ta pozakorenevnykh pidzhyvlen na formuvannia produktyvnosti roslyn soi v umovakh Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Influence of seed treatment and foliar fertilization on soybean productivity formation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu: Seriya: Ahronomiia i biolohiia*, 1(51), 37–43. DOI: 10.32782/agrobio.2023.1.5. [in Ukrainian].
 19. Didora, V.H., Smahlii, O.F., & Ermantraut, E.R. (2013). Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii: navchalnyi posibnyk [Methodology of scientific research in agronomy: educational manual]. Kyiv: Tsentrl Uchbovoi Literatury, 264. [in Ukrainian].
 20. 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: textbook]. za red. V.O. Yeshchenka. Vinnytsia: PP «TD "Edelveis i K"», 332. [in Ukrainian].
- Гораш В.О. Залежність процесу формування посівів ячменю ярого від впливу комбінованого застосування мінеральних добрив та листового підживлення рослин мікродобривом**
- Мета досліджень** – встановити залежність польової схожості насіння та збереження рослин ячменю ярого від застосування мінеральних добрив та листового підживлення рослин під час вегетації мікродобривом. **Методи.** Дослідження організовані за період 2024–2026 рр. в Закладі вищої освіти «Подільський державний університет». Зона досліджень південно-західний Лісостеп України, тип ґрунтів – темно-сірі опідзолені, які характеризуються низьким забезпеченням легкогідролізованим азотом, середньою забезпеченістю рухомими сполуками фосфору та дуже високою забезпеченістю рухомими сполуками калію. За агрохімічною характеристикою рН середовище ґрунту слабкоисле. В процесі проведення досліджень задіяні такі методи: польовий, порівняльний, різницевий, узагальнюючий, статистичний. Варіанти норм мінеральних добрив: $N_0P_0K_0$, (контроль), $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$. Для дослідження впливу листового підживлення на збереженість рослин ячменю ярого використано фоліарне висококонцентроване добриво у формі гелю GelyFLOW 9-44-20, яке містить специфічне співвідношення макроелементів

з акцентом на фосфор, калій та комплекс мікроелементів В, Cu, Mn, Zn, Fe збалансованої концентрації. Застосування добрива GelyFLOW: перше – на початку фази кушіння рослин за настання трьох розвинутих листків, друге – через 15 днів. Польову схожість встановлювали після настання сходів, збереженість рослин перед збиранням урожаю. **Результати.** Встановлено, що при вирощуванні ячменю ярого на сірих опідзолених ґрунтах на польову схожість насіння та збереженість рослин сприятливо, як технологічний фактор впливають внесенні мінеральні добрива. Також доведено, що застосування агроприйому листового підживлення рослин мікродобривом при вирощуванні ячменю на варіантах мінерального удобрення додатково відбувається посилення процесу збереження рослин. **Висновки.** Доведено вплив мінеральних добрив при вирощуванні ячменю ярого на сірих опідзолених ґрунтах на покращення польової схожості насіння. В середньому по досліді за три роки досліджень при внесенні мінеральних добрив у нормах $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано показник 92,4%, на варіанті без застосування мінеральних добрив параметр показника був меншим на 2,4% і становив 90,0%. Залежність польової схожості насіння від норм мінеральних добрив задіяних в експерименті не встановлено. Доведено вплив на процес збереження рослин ячменю ярого застосованих мінеральних добрив. В середньому по досліді при внесенні норм добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано показник збереження – 95,6%. На варіанті без застосування мінеральних добрив значення показника становило 91,2%, що менше на 4,4%. Впливу норм мінеральних добрив на збереженість рослин не встановлено. Дворазове застосування фоліарного мікродобрива GelyFLOW під час процесу кушіння рослин ячменю за норми використання 1,5 л/га забезпечило збільшення збереження рослин на 3,0%. В середньому по досліді при вирощуванні на варіантах мінерального удобрення отримано показник 98,6% Залежності впливу листового підживлення ячменю мікродобривом на процес збереження рослин від норм мінеральних добрив не встановлено.

Ключові слова: ячмінь, мінеральні добрива, листове підживлення, мікродобриво, норми добрив, польова схожість насіння, збереження рослин.

Horash V.O. Dependence of spring barley crop formation on the combined application of mineral fertilizers and foliar micronutrient fertilization

The purpose of the study was to determine the dependence of seed field germination and plant survival of spring barley on the application of mineral fertilizers and foliar feeding with a micronutrient fertilizer during the growing season. **Methods.** The research was conducted during

2024–2026 at Podillia State University. The study area was located in the south-western Forest-Steppe zone of Ukraine. The soil type was dark-gray podzolized soil characterized by a low content of easily hydrolyzable nitrogen, a medium content of available phosphorus compounds, and a very high content of available potassium compounds. According to the agrochemical characteristics, the soil reaction was slightly acidic. The following research methods were employed: field, comparative, difference, generalization, and statistical methods. The mineral fertilizer treatments included: $N_0P_0K_0$ (control), $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$. To investigate the effect of foliar feeding on spring barley plant survival, the highly concentrated foliar gel fertilizer GelyFLOW 9-44-20 was used. The product contains a specific ratio of macronutrients with an emphasis on phosphorus and potassium, as well as a balanced complex of micronutrients (B, Cu, Mn, Zn, and Fe). GelyFLOW was applied twice: the first application at the beginning of the tillering stage when plants had developed three leaves, and the second application 15 days later. Field germination was determined after seedling emergence, while plant survival was assessed before harvesting. **Results.** It was established that under the conditions of spring barley cultivation on gray podzolized soils, the application of mineral fertilizers positively affected seed field germination and plant survival during the growing season. It was also proven that foliar feeding with a micronutrient fertilizer on mineral-fertilized treatments further enhanced plant survival. **Conclusions.** The positive effect of mineral fertilizers on improving the field germination of spring barley seeds grown on gray podzolized soils was confirmed. On average, over three years of research, the application of mineral fertilizers at rates of $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ resulted in a field germination rate of 92.4%. In the treatment without mineral fertilizers, the indicator was 2.4% lower and amounted to 90.0%. No dependence of field germination on the fertilizer rates used in the experiment was established. The influence of mineral fertilizers on the plant survival process of spring barley was also confirmed. On average, the application of $N_{15}P_{15}K_{15}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ provided a plant survival rate of 95.6%. In the treatment without mineral fertilizers, plant survival was 91.2%, which was 4.4% lower. No dependence of plant survival on fertilizer rates was identified. The double application of the foliar micronutrient fertilizer GelyFLOW during the tillering stage at a rate of 1.5 L/ha increased plant survival by 3.0%. On average, under mineral fertilizer treatments, plant survival reached 98.6%. No dependence of the effect of foliar micronutrient feeding on plant survival with respect to mineral fertilizer rates was established.

Key words: spring barley, mineral fertilizers, foliar feeding, micronutrient fertilizer, fertilizer rates, seed field germination, plant survival.

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 633.16:631.811:631.559:631.559.2(477.7)
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.6>

ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ А.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-8199-681X

Миколаївський національний аграрний університет

ГОНЧАРЕНКО Є.В. – аспірант

orcid.org/0009-0008-2093-4309

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) є однією з провідних зернових культур у світовому та вітчизняному землеробстві завдяки високій адаптивності, короткому вегетаційному періоду та широкому використанню зерна у кормовиробництві, продовольчій та пивоварній промисловості [1, 2, 3]. В умовах сучасних змін клімату, зокрема посилення посушливості та температурного стресу, особливого значення набуває удосконалення технології його вирощування, спрямованих на підвищення продуктивності та покращення якісних показників зерна культури. Серед таких агротехнічних заходів важливе місце займають передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення рослин у період вегетації, які здатні суттєво впливати на фізіолого-біохімічні процеси росту й розвитку рослин ячменю ярого, формування ними продуктивності. Дані численних досліджень підтверджують, що ці елементи технології сприяють підвищенню польової схожості насіння, інтенсифікації фотосинтетичної діяльності посівів, формуванню продуктивного стеблостою та покращення показників структури врожаю [4, 5].

Ще одним із визначальних чинників формування продуктивності ячменю ярого є сорт. Генетично зумовлені особливості сортів визначають адаптивний потенціал рослин, їхню реакцію на агротехнічні заходи, здатність ефективно використовувати елементи живлення та протистояти абіотичним стресам. Дослідження, проведені в умовах Лісостепу України, показали істотну різницю між сортами за рівнем урожайності, масою 1000 зерен, вмістом білка та натурою зерна залежно від умов мінерального живлення й позакорневих підживлень [6, 7]. Аналогічні результати отримано в умовах Південного Степу України, де сорти по-різному реагували на біологізацію технології вирощування, що підтверджує необхідність добору сортів відповідно до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інокуляція насіння є одним із найбільш ефективних способів стимуляції початкового росту рослин і захисту сходів від комплексу ґрунтових та насінневих інфекцій. На думку багатьох українських учених, використання сучасних протруйників та біопрепаратами забезпечує активізацію ферментативних процесів проростання, підвищення енергії проростання та формування потужнішої кореневої системи [9].

Передпосівна обробка насіння є важливим агротехнічним заходом, спрямованим на підвищення польової схожості, енергії проростання, формування дружних сходів і захист рослин на ранніх етапах органогенезу. Традиційно для цієї мети застосовують хімічні протруйники, однак останнім часом усе більшого поширення набувають біологічні препарати, що містять корисні мікроорганізми, фітогормони та біологічно активні речовини. За даними досліджень Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, застосування біопрепаратів для передпосівної обробки насіння сприяло підвищенню лабораторної та польової схожості насіння ячменю ярого на 5–7%, що позитивно позначалося на подальшому формуванні врожаю [10].

Вчені відзначають, що передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами стимулює розвиток кореневої системи, активізує фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, покращує використання елементів живлення з ґрунту та підвищує стійкість до несприятливих факторів середовища. За результатами досліджень у Південному Степу України, використання біопрепарату для передпосівної обробки насіння забезпечувало приріст урожайності зерна на 0,27–0,42 т/га залежно від сорту та фону живлення [11].

Дослідженнями встановлено, що застосування бактеріального препарату на основі *Pseudomonas chlororaphis* сприяло зниженню розвитку хвороб, покращенню посівних якостей насіння та підвищенню продуктивності ячменю ярого порівняно з контролем [12].

Важливим аспектом є поєднання передпосівної обробки насіння з наступними позакорневими підживленнями упродовж вегетації. Комплексне застосування цих технологічних прийомів забезпечує пролонгований позитивний ефект, що проявляється в покращенні польової схожості, інтенсивнішому рості рослин на ранніх етапах, оптимізації мінерального живлення та підвищенні стійкості до стресових факторів. За результатами сучасних досліджень, така інтегрована система сприяє приросту врожайності зерна на 12–18% та підвищенню вмісту білка на 0,5–1,2% порівняно з традиційною технологією вирощування [4].

За результатами досліджень Гамаюнової В. В. та Касаткіної Т. В. встановлено, що оптимізація живлення із застосуванням біопрепаратів сприяла збільшенню маси 1000 зерен, натурі зерна, вмісту білка та умовного



збору білка з одиниці площі. При цьому ефективність препаратів значною мірою залежала від погодних умов року та сортових особливостей культури [8].

Метою статті є визначити вплив інокуляції насіння та позакоренових підживлень рослин ячменю ярого в період вегетації на урожайність та якісні показники зерна сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили у 2023–2025 рр. в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем південний, залишково-слабкосолонцюватий важкосуглинковий на лесах. Дослідне поле розміщене в третьому агрокліматичному районі та належить до підзони Південного Степу України. Клімат території є помірно континентальним і вирізняється теплим та відносно сухим характером, а також нестабільністю снігового покриву. Упродовж років досліджень гідротермічні умови значно варіювали, що дало змогу забезпечити репрезентативність і об'єктивність отриманих результатів.

Схема дослідів включала наступні варіанти: Фактор А – сорт: 1. Надійний; 2. Таманго. Фактор В – передпосівна обробка насіння: 1. Контроль (без обробки); 2. Фітоцид-р (1 л/т); 3. МікоФренд (1 л/т).

Фактор С – позакоренове підживлення посівів: 1. Обробка водою; 2. HELPROST® Універсальний (2 л/га); 3. ГуміФренд (0,5 л/га).

Підживлення посівів добривами проводили двічі за вегетацію – на початку фаз виходу рослин ячменю ярого у трубку та колосіння. Норма робочого розчину складала 200 л/га.

Агротехніка вирощування ячменю ярого в дослідках була загальноприйнятою для Степової зони. Попередником під ячмінь ярий в дослідках була пшениця озима. Сівбу проводили рядковим способом (15 см) при настанні фізичної стиглості ґрунту сівалкою СЗ-3,6, норма висіву – 3,5 млн. шт./га. Залежно від особливостей року сівбу проводили в третій декаді березня – першій декаді квітня. Мінеральні добрива вносили в дозі $N_{30}P_{30}$.

Проведення дослідів супроводжувалось обліками та аналізами за загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень. Важливим показником ефективності елементів технології вирощування сільськогосподарських культур, в т.ч. і ячменю ярого, є урожайність зерна. Нашими дослідженнями встановлено, що урожайність зерна ячменю ярого істотно залежала від погодних умов року дослідження, сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та проведення позакоренових підживлень посівів у період вегетації (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень на урожайність зерна сортів ячменю ярого

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакоренове підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
2023 р.				
Надійний	Контроль (без обробки)	3,29	3,50	3,39
	Фітоцид-р	3,46	3,65	3,58
	МікоФренд	3,51	3,79	3,64
Таманго	Контроль (без обробки)	3,63	3,88	3,60
	Фітоцид-р	3,78	4,02	3,87
	МікоФренд	3,88	4,14	4,05
2024 р.				
Надійний	Контроль (без обробки)	2,89	3,18	3,06
	Фітоцид-р	3,08	3,30	3,23
	МікоФренд	3,19	3,45	3,34
Таманго	Контроль (без обробки)	3,20	3,49	3,35
	Фітоцид-р	3,33	3,64	3,51
	МікоФренд	3,42	3,71	3,63
2025 р.				
Надійний	Контроль (без обробки)	2,41	2,63	2,48
	Фітоцид-р	2,56	2,74	2,64
	МікоФренд	2,63	2,91	2,72
Таманго	Контроль (без обробки)	2,62	2,83	2,75
	Фітоцид-р	2,73	2,92	2,77
	МікоФренд	2,84	3,09	2,98

Продовження таблиці 1

Середнє за 2023–2025 рр.				
Надійний	Контроль (без обробки)	2,86	3,10	2,98
	Фітоцид-р	3,03	3,23	3,15
	МікоФренд	3,11	3,38	3,23
Таманго	Контроль (без обробки)	3,15	3,40	3,23
	Фітоцид-р	3,28	3,53	3,38
	МікоФренд	3,38	3,65	3,55

У 2023 р., який характеризувався найбільш сприятливими погодними умовами, була відмічена найвища урожайність досліджуваних сортів ячменю ярого незалежно від варіанту застосування препаратів. Так, рослини сорту Надійний сформували урожайність на рівні 3,29–3,79 т/га, а сорту Таманго – 3,60–4,14 т/га. Максимальну урожайність зерна одержано за поєднання передпосівної інокуляції насіння препаратом МікоФренд із позакореновим підживленням рослин у період вегетації HELPROST® Універсальний – 3,79 та 4,14 т/га залежно від досліджуваного сорту, що перевищувало контрольний варіант досліді на 15,2 та 14,0%.

У 2024 р., внаслідок менш сприятливих погодних умов, урожайність зерна була дещо нижчою порівняно з попереднім роком в усіх варіантах досліджень. Рослини ячменю ярого сорту Надійний сформували урожайність зерна на рівні 2,89–3,45 т/га, а сорту Таманго – 3,20–3,71 т/га. Слід відмітити, що закономірність впливу досліджуваних факторів залишалася незмінною: застосування МікоФренду у поєднанні з HELPROST® Універсальний забезпечило найвищу урожайність – 3,45 та 3,71 т/га залежно від досліджуваного сорту, що було відповідно на 19,4 і 15,9% більше порівняно з контрольним варіантом досліді.

Найменшу урожайність зерна ячменю ярого у всі роки досліджень відмічено у 2025 р., що можна пояснити більш жорсткими гідротермічними умовами вегетаційного періоду. Залежно від варіанту передпосівної обробки насіння та проведення позакоренових підживлень, урожайність зерна сорту Надійний склала 2,41–2,91 т/га, а сорту Таманго – 2,62–3,09 т/га. Найвищою урожайність, незалежно від досліджуваного сорту, була за комплексного використання МікоФренду для передпосівної обробки насіння та HELPROST® Універсальний для позакоренового підживлення рослин у період вегетації, що дозволило підвищити урожайність відносно контролю на 17,9–0,7% залежно від досліджуваного сорту ячменю ярого.

Дослідженнями встановлено, що у середньому за 2023–2025 рр., урожайність зерна ячменю ярого сорту Надійний коливалася від 2,86 до 3,38 т/га, тоді як у сорту Таманго – від 3,15 до 3,65 т/га залежно від варіанту обробки насіння та позакоренового підживлення. Передпосівна інокуляція насіння препаратом Фітоцид-р забезпечувала приріст урожайності порівняно з контролем на 0,17–0,20 т/га у сорту Надійний та 0,13–0,15 т/га у сорту Таманго залежно від позакоренового підживлення. Застосування МікоФренду було ще

ефективнішим і сприяло збільшенню урожайності зерна відповідно на 0,25–0,28 та 0,23–0,25 т/га.

Серед варіантів позакоренового підживлення найбільш ефективним було застосування препарату HELPROST® Універсальний, який у всіх варіантах досліді забезпечував вищу урожайність, ніж обробка водою або застосування препарату ГуміФренд. Так, за сумісного використання для передпосівної обробки насіння препарату МікоФренд урожайність зерна сорту Надійний зросла на 0,27 т/га або на 8,7%, а сорту Таманго – на 0,27 т/га або на 8,0% порівняно до контролю. Препарат ГуміФренд також позитивно впливав на формування урожайності зерна ячменю ярого, однак його ефективність була дещо нижчою і поступалася HELPROST® Універсальний на 0,10–0,15 т/га.

Одним із найважливіших показників, який визначає господарську цінність ячменю ярого, напрямок його використання та економічну ефективність вирощування є якість зерна. Уміст білка в зерні залежить від сортових особливостей та гідротермічних умов періоду наливу зерна, які визначають інтенсивність накопичення білкових речовин і співвідношення між синтезом білка та крохмалю. Нашими дослідженнями встановлено, що застосування біологічних препаратів позитивно позначилося на накопиченні білка у зерні ячменю ярого досліджуваних сортів (табл. 2).

У середньому за роки досліджень та по варіантам використання передпосівної обробки насіння та позакоренового підживлення посівів, дещо більшим вмістом білка характеризувався сорт Надійний – 12,2%, що перевищило показники сорту Таманго на 1,6 відсотних відсотків.

Передпосівна обробка насіння біопрепаратами сприяла формуванню дещо вищої урожайності зерна з більшими показниками вмісту білка в ньому. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам позакоренового підживлення посівів, за використання Фітоцид-р вміст білка в зерні сорту Надійний становив 12,2%, а сорту Таманго – 12,1%, що перевищило показники контрольного варіанту досліді на 2,5–3,3 відсотних відсотків. Дещо вищі показники забезпечувала інокуляція насіння препаратом МікоФренд – 12,3–1,5% залежно від досліджуваного сорту, що перевищило контроль на 4,1–5,6 відсотних відсотків відповідно.

Слід відмітити, що найбільшим вмістом білка в зерні характеризувався сорт Надійний за передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд та проведення позакоренових підживлень рослин у період вегетації

Таблиця 2

Якість зерна ячменю ярого залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2023–2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
Вміст білка, %				
Надійний	Контроль (без обробки)	11,6	12,1	11,8
	Фітоцид-р	12,0	12,3	12,2
	МікоФренд	12,3	12,7	12,5
Таманго	Контроль (без обробки)	11,6	12,0	11,7
	Фітоцид-р	11,9	12,3	12,0
	МікоФренд	12,1	12,5	12,3
Натура зерна, г/л				
Надійний	Контроль (без обробки)	655	664	660
	Фітоцид-р	660	671	665
	МікоФренд	666	675	672
Таманго	Контроль (без обробки)	662	672	667
	Фітоцид-р	669	678	674
	МікоФренд	675	685	680
Вміст крохмалю, %				
Надійний	Контроль (без обробки)	59,6	59,2	59,3
	Фітоцид-р	59,2	58,9	59,1
	МікоФренд	59,0	58,5	58,9
Таманго	Контроль (без обробки)	60,1	59,6	59,9
	Фітоцид-р	59,7	59,3	59,5
	МікоФренд	59,3	59,0	59,1

препаратом HELPROST®Універсальний – 12,7%, що перевищило показники інших варіантів досліду на 1,6–8,7 відсоткових відсотків.

Аналогічно змінювалися і показники натури зерна досліджуваних сортів ячменю ярого. У середньому за 2023–2025 рр. натура зерна сорту Надійний змінювалася від 655 до 675 г/л, тоді як у сорту Таманго – від 662 до 685 г/л. Передпосівна обробка насіння препаратом Фітоцид-р підвищувала натуру зерна, в середньому по варіантам позакоренового підживлення, на 5–8 г/л, а застосування МікоФренду – на 10–13 г/л порівняно з контролем. Позакоренове підживлення препаратом HELPROST®Універсальний забезпечувало додатковий приріст натури зерна на 8–10 г/л, тоді як застосування препарату ГуміФренд – на 4–6 г/л.

Дослідженнями встановлено, що найбільшу натуру зерна забезпечило сумісне застосування препарату МікоФренд для передпосівної обробки насіння та препарату HELPROST®Універсальний для позакоренового підживлення посівів. Так, у середньому за роки досліджень, натура зерна сорту Надійний становила 675 г/л, а сорту Таманго – 685 г/л, що перевищило показники контрольного варіанту досліду на 20,0–23,0 г/л або на 3,0–3,4%.

Сорт Таманго, у середньому за роки досліджень, формував зерно з вищою натурою – на 9 г/л або на 1,3%

порівняно з сортом Надійний, що свідчить про його кращу виповненість та вищі технологічні якості.

Крохмаль є основним запасним вуглеводом зерна ячменю ярого і становить, залежно від сортових особливостей і технології вирощування культури, 55–65% сухої речовини, визначаючи його енергетичну цінність, технологічні властивості та придатність для кормового, харчового і пивоварного використання.

Результати наших досліджень свідчать, що вміст крохмалю у зерні ячменю ярого залежав від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень. У середньому за 2023–2025 рр. сорт Таманго характеризувався дещо вищим накопиченням крохмалю порівняно із сортом Надійний, що узгоджується з його більшою масою 1000 зерен, вищою натурою та урожайністю зерна.

У сорту Надійний вміст крохмалю залежно від варіантів досліду і склав 58,5–59,6%. Максимальне значення (59,6%) отримано на контрольному варіанті без застосування біологічних препаратів і позакоренового підживлення, тоді як найменший вміст (58,5%) відмічено за комплексного використання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд та позакоренового підживлення HELPROST®Універсальний. Порівняно з контролем вміст крохмалю зменшився на 1,1 відсоткових пунктів.

У зерні сорту Таманго вміст крохмалю був дещо вищим і становив 59,0–60,1%. Найбільше накопичення крохмалю спостерігалось у контрольному варіанті – 60,1%, тоді як мінімальне 59,0% – за поєднання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд із позакореневим підживленням HELPROST®Універсальний.

Передпосівна обробка насіння препаратом Фітоцид-р знижувала вміст крохмалю в середньому на 0,3–0,4%, тоді як застосування МікоФренду – на 0,6–0,8% порівняно з контрольним варіантом досліду. Серед варіантів позакореневого підживлення рослин у період вегетації найбільший вплив на зменшення частки крохмалю мав препарат HELPROST®Універсальний, після застосування якого показник був на 0,3–0,5% нижчим, ніж у варіанті без підживлення. Препарат ГуміФренд також дещо зменшував вміст крохмалю, однак його вплив був менш вираженим.

Отримані результати узгоджуються із закономірностями, встановленими під час аналізу вмісту білка. Сумісне застосування препарату МікоФренд для передпосівної обробки насіння та препарату HELPROST®Універсальний для позакореневого підживлення посівів, яке забезпечувало інтенсивніше накопичення білка в зерні, забезпечило дещо нижчий вміст крохмалю. Така тенденція пояснюється конкуренцією між синтезом білкових речовин і запасних вуглеводів у період наливу зерна. Незважаючи на незначне зниження вмісту крохмалю, комплексне застосування МікоФренду та HELPROST® Універсальний забезпечувало істотне підвищення врожайності та покращення інших технологічних показників зерна, що свідчить про доцільність використання досліджуваного варіанту у виробництві.

Висновки. В умовах Південного Степу України урожайність ячменю ярого істотно залежить від погодних умов року, сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин. Найвищу продуктивність, у середньому за 2023–2025 рр., забезпечило сумісне використання препарату МікоФренд для передпосівної інюкуляції насіння та HELPROST®Універсальний для позакореневого підживлення посівів у період вегетації рослин, за якого урожайність сорту Надійний склала 3,38 т/га, а сорту Таманго – 3,65 т/га, що перевищувало контроль на 17,0–20,7% залежно від сорту та умов року.

Застосування біологічних препаратів позитивно впливає на формування технологічних показників якості зерна. Найвищий вміст білка отримано у сорту Надійний за сумісного використання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд і позакореневого підживлення HELPROST® Універсальний – 12,7%, тоді як найбільшу натуру зерна сформував сорт Таманго – 685 г/л, що на 9 г/л або на 1,3% більше за показники по сорту Надійний.

Сумісне застосування препаратів МікоФренд і HELPROST® Універсальний забезпечувало найефективніше поєднання високої урожайності та покращення основних показників якості зерна. Незважаючи на незначне зменшення вмісту крохмалю (на 0,6–1,1 відсоткового пункту порівняно з контролем), цей варіант

сприяв інтенсивнішому накопиченню білка, підвищенню натури зерна та реалізації продуктивного потенціалу обох сортів, що свідчить про доцільність його використання за вирощування ячменю ярого в умовах Південного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Заець С. О., Кисіль Л. Б. Фотосинтетична діяльність рослин і врожайність зерна ячменю озимого (*Hordeum vulgare* L.) залежно від сорту, строків сівби та регуляторів росту. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11, № 1-2. С. 90–97.
2. Криворучко Р. Ф., Кириченко В. В. Формування морфоструктури та продуктивності сортів ячменю ярого залежно від системи удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 79(3). С. 19–24.
3. Кубрак Т. М., Мельник А. В. Вплив сортових особливостей та застосування регуляторів росту на морфологічні параметри рослин ячменю ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2025. Вип. 146. Ч. 1. С. 59–70. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.7>
4. Овезмирадова О. Б. Агроекологічні аспекти застосування регуляторів росту при вирощуванні ячменю ярого. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 6–9. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.01>
5. Stadnik B., Tobiasz-Salach R., Migut D. Influence of foliar application of microelements on yield and yield components of spring malting barley. *Agriculture*. 2024. 14(3). 505. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030505>
6. Панчишин В. З., Мойсієнко В. В., Сладковська Т. А., Перепелиця Л. О., Корево Н. І. Продуктивність ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) залежно від сорту та позакореневого підживлення в умовах Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 148–158. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.16>
7. Вега Н. Агрохімічна оцінка впливу мінеральних добрив та позакореневого підживлення на врожайність ячменю ярого в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Львівського національного університету природокористування*. 2022. № 26. С. 197–200. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.197>
8. Гамаюнова В. В., Касаткіна Т. О. Вплив оптимізації живлення ячменю ярого на формування якості зерна в умовах Південного Степу України. *Scientific Horizons*. 2019. Vol. 22. № 10. С. 3–12. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-83-10-3-12>
9. Косилович Г., Голячук Ю. Ефективність нового протруйника насіння Вайбранс Інтеграл проти хвороб і шкідників на ячмені ярому. *Вісник Львівського національного університету природокористування*. 2023. № 27. С. 129–132. <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.129>
10. Кузьменко Н., Попов С., Гутянський Р., Авраменко С., Глибокий О., Скидан В. Вплив препаратів на посівні якості насіння ярого ячменю (*Hordeum vulgare* L.) та врожайність зерна. *Карантин та захист рослин*. 2025. № 2. С. 21–31. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.2.21-31>
11. Baklanova T., Gamayunova V., Khonenko L. Spring barley grain yield when grown in the conditions of southern Ukraine with elements of biologization and

preservation of soil fertility. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2026. 27(2). P. 60–70. <https://doi.org/10.12912/27197050/216645>

12. Liatukas Ž., Suproniene S., Ruzgas V., Leistrumaitė A. Effects of organic seed treatment methods on spring barley seed quality, crop, productivity and disease incidence. *Ekologinių sėklų apdorojimo būdų įtaka vasarinių miežių sėklos kokybei, pasėlio produktyvumui ir ligotumui. Žemdirbyste-Agriculture*. 2019. 106(3). P. 241–248. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.031>

REFERENCES:

1. Zaiets, S. O., & Kysil, L. B. (2019). Fotosyntetichna diialnist roslyn i vrozhainist zerna yachmeniu ozymoho (*Hordeum vulgare* L.) zalezno vid sortu, strokiv sivby ta rehuliatoriv rostu. [Photosynthetic activity of plants and productivity of grain of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) in dependence on variety, terms of sowing and regulators of height]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*, T. 11, № 1-2, P. 90–97. <https://doi.org/10.31548/bio2019.01.010> [in Ukrainian].
2. Kryvoruchko, R. F., & Kyrychenko, V. V. (2019). Formuvannia morfostруктуры ta produktyvnosti sortiv yachmeniu yaroho zalezno vid systemy udobrennia. [Formation of morphological structure and productivity of spring barley varieties depending on the fertilization system]. *Visnyk aharnoi nauky*, № 79(3), P. 19–24. [in Ukrainian].
3. Kubrak, T. M., & Melnyk, A. V. (2025). Vplyv sortovykh osoblyvostei ta zastosuvannia rehuliatoriv rostu na morfologichni parametry roslyn yachmeniu yaroho v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Influence of variety features and application of growth regulators on morphological parameters of spring barley plants in the conditions of the northeastern forest-step of Ukraine]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk*, Seriya: Silskohospodarski nauky, 146(1), P. 59–70. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.7> [in Ukrainian].
4. Ovezmyradska, O. B. (2025). Ahroekologichni aspekty zastosuvannia rehuliatoriv rostu pry vyroshchuvanni yachmeniu yaroho. [Agroecological aspects of the application of growth regulators in the cultivation of spring barley]. *Scientific Progress & Innovations*, № 28 (4), P. 6–9. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.01> [in Ukrainian].
5. Stadnik, B., Tobiasz-Salach, R. & Migut, D. (2024). Influence of foliar application of microelements on yield and yield components of spring malting barley. *Agriculture*, 14(3), 505. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030505>
6. Panchyshyn, V. Z., Moisiienko, V. V., Sladkovska, T. A., Perepelytsia, L. O., & Korevo, N. I. (2024). Produktivnist yachmeniu yaroho (*Hordeum vulgare* L.) zalezno vid sortu ta pozakorenevoho pidzhyvlennia v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Productivity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) depending on the variety and foliar feeding in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychikh nauk*, № 7, P. 148–158. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.16> [in Ukrainian].
7. Veba, N. (2022). Ahrokhimichna otsinka vplyvu mineralnykh dobryv ta pozakorenevoho pidzhyvlennia na vrozhainist yachmeniu yaroho v umovakh Zakhidnoho Lisostepu. [Agrochemical assessment of the impact of mineral fertilizers and foliar fertilization on the yield of spring barley in the Western Forest-Steppe]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu pryrodokorystuvannia*, № 26, P. 197–200. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.197> [in Ukrainian].
8. Hamaiunova, V. V., & Kasatkina, T. O. (2019). Vplyv optymizatsii zhyvlennia yachmeniu yaroho na formuvannia yakosti zerna v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. [The effect of optimization of spring barley nutrition on the formation of grain quality in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Scientific Horizons*, Vol. 22, № 10, P. 3–12. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-83-10-3-12> [in Ukrainian].
9. Kosylovych, H., & Holichuk, Yu. (2023). Efektyvnist novoho protruynika nasinnia Vaibrans Intehral proty khvorob i shkidnykh na yachmeni yaromu. [Effectiveness of the new seed treatment preparation Vibrance Integral against diseases and pests on spring barley]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu pryrodokorystuvannia*, № 27, P. 129–132. <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.129> [in Ukrainian].
10. Kuzmenko, N., Popov, S., Hutianskyi, R., Avramenko, S., Hlubokyi, O., & Skydan, V. (2025). Vplyv preparativ na posivni yakosti nasinnia yaroho yachmeniu (*Hordeum vulgare* L.) ta vrozhainist zerna. [Effect of preparations on the sowing quality of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds and grain yield]. *Karantyn ta zakhyst roslyn*, №2, P. 21–31. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.2.21-31> [in Ukrainian].
11. Baklanova, T., Gamayunova, V. & Khonenko L. (2026). Spring barley grain yield when grown in the conditions of southern Ukraine with elements of biologization and preservation of soil fertility. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 27(2), 60–70. <https://doi.org/10.12912/27197050/216645>
12. Liatukas Ž., Suproniene S., Ruzgas V. & Leistrumaitė A. (2019). Effects of organic seed treatment methods on spring barley seed quality, crop, productivity and disease incidence. *Ekologinių sėklų apdorojimo būdų įtaka vasarinių miežių sėklos kokybei, pasėlio produktyvumui ir ligotumui. Žemdirbyste-Agriculture*, 106(3), 241–248. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.031>

Добровольський А.В., Гончаренко Є.В. Вплив оптимізації живлення на урожайність та якість зерна сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України

Мета. Визначити вплив передпосівної інокуляції насіння та позакоренових підживлень рослин у період вегетації на урожайність і показники якості зерна сортів ячменю ярого в умовах Південного Степу України. **Методи.** Польові дослідження проводили у 2023–2025 рр. в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. **Результати досліджень.** Рівень урожайності зерна визначався погодними умовами року, сортовими особливостями та досліджуваними елементами технології. Найвищу урожайність отримано у 2023 р. за поєднання передпосівної інокуляції насіння препаратом МікоФренд із позакореновим підживленням HELPROST®Універсальний: 3,79 т/га у сорту Надійний та 4,14 т/га у сорту Таманго. У середньому за 2023–2025 рр. урожайність сорту Надійний становила 2,86–3,38 т/га, сорту

Таманго – 3,15–3,65 т/га. Передпосівна обробка насіння МікоФрендом забезпечувала найбільший приріст урожайності – до 0,28 т/га, а застосування HELPROST®Універсальний підвищувало її ще на 0,27 т/га порівняно з контролем. Використання біопрепаратів позитивно впливало і на показники якості зерна. Максимальний вміст білка (12,7%) сформував сорт Надійний за комплексного застосування МікоФренду та HELPROST®Універсальний. Найвищою натурою зерна характеризувався сорт Таманго – до 685 г/л, що перевищувало контроль на 20–23 г/л. Вміст крохмалю становив 58,5–59,6% у сорту Надійний та 59,0–60,1% у сорту Таманго. Комплексне застосування біопрепаратів супроводжувалося незначним зниженням вмісту крохмалю, що пояснюється інтенсивнішим накопиченням білка. **Висновки.** Найефективнішим елементом технології вирощування ячменю ярого в умовах Південного Степу України є комплексне застосування препарату МікоФренд для передпосівної інюкуляції насіння та HELPROST®Універсальний для позакореневого підживлення посівів у період вегетації. Такий агротехнологічний прийом забезпечує максимальну реалізацію продуктивного потенціалу сортів, підвищує вміст білка і натуру зерна та сприяє формуванню високоякісної продукції.

Ключові слова: ячмінь ярий, сорт, біопрепарати, урожайність, якість зерна.

Dobrovolskyi A.V., Honcharenko Ye.V. Effect of nutrition optimization on yield and grain quality of spring barley varieties under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Objective. To determine the effect of pre-sowing seed inoculation and foliar fertilization during the growing season on grain yield and quality indicators of spring barley varieties under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field experiments were conducted

during 2023–2025 at the Educational, Scientific and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University.

Results. Grain yield was determined by the weather conditions of the growing season, varietal characteristics, and the studied technological practices. The highest grain yield was obtained in 2023 with the combined application of pre-sowing seed inoculation using MikoFriend and foliar fertilization with HELPROST® Universal, reaching 3.79 t/ha⁻¹ for the *Nadiinyi* variety and 4.14 t/ha⁻¹ for the *Tamango* variety. On average, over 2023–2025, grain yield ranged from 2.86 to 3.38 t/ha⁻¹ for the *Nadiinyi* variety and from 3.15 to 3.65 t/ha⁻¹ for the *Tamango* variety. Pre-sowing treatment with MikoFriend provided the greatest increase in grain yield, up to 0.28 t/ha⁻¹, while foliar application of HELPROST® Universal additionally increased yield by 0.27 t/ha⁻¹ compared with the control. The application of biological products also had a positive effect on grain quality. The highest protein content (12.7%) was recorded in the *Nadiinyi* variety under the combined use of MikoFriend and HELPROST® Universal. The *Tamango* variety produced the highest test weight, reaching 685 g/L⁻¹, which exceeded the control by 20–23 g/L⁻¹. Starch content ranged from 58.5 to 59.6% in the *Nadiinyi* variety and from 59.0 to 60.1% in the *Tamango* variety. The combined application of biological products resulted in a slight decrease in starch content, which was associated with more intensive protein accumulation. **Conclusions.** The most effective technological practice for spring barley cultivation under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine was the combined application of MikoFriend for pre-sowing seed inoculation and HELPROST® Universal for foliar fertilization during the growing season. This agronomic practice ensured the maximum realization of the productive potential of the studied varieties, increased grain protein content and test weight, and promoted the production of high-quality grain.

Key words: spring barley, variety, biological products, grain yield, grain quality.

Дата першого надходження статті до видання: 24.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ДИНАМІКА ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ У ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО ЗА БЕЗЗМІННИХ ПОСІВІВ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД СЕГЕТАЛЬНОЇ РОСЛИННОСТІ

ДОНЕЦЬ А.О. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант
orcid.org/0009-0004-0338-5302

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0001-6994-3443

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України,
Одеський державний аграрний університет

МІЩЕНКО С.В. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1979-4002

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка,
Інститут луб'яних культур Національної академії аграрних наук України

ЛАВРИНЕНКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0001-9442-8793

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ГРАФОВ А.В. – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-7387-3676

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0001-8649-0618

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. За останні роки кукурудза стала основною зерновою культурою в Світі. Україна також значно поширила посівні площі кукурудзи, що стимулюється високою прибутковістю цієї культури [1]. Висока вартість продукції та прибутковість спонукають агровиробників насичувати сівоzmіни кукурудзою та використовувати беззмінні посіви протягом декількох років [2].

Використання у виробництві довготривалих беззмінних посівів (long-term cultivation, continuous maize cultivation), піднімають ряд важливих питань щодо адаптації сучасних агротехнологій до таких систем землеробства з урахуванням удосконалення способів захисту рослин від шкідливих організмів та збереження родючості ґрунту [3, 4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Урожайність гібридів кукурудзи контролюється агрофітоценозом посіву та характером конкурентних взаємовідносин між рослинами і сегетальною рослинністю. Бур'яни є одним із найагресивніших лімітуючих чинників реалізації генотипового потенціалу культури. Втрати врожаю гібридів кукурудзи за конкурентного впливу бур'янового компонента можуть сягати 60–70%, що зумовлено інтенсивною конкуренцією за інсоляцію, вологу, поживні речовини, площу живлення, а також

здатністю багатьох бур'янів виділяти алелопатичні сполуки, що пригнічують ріст і розвиток культивгенів [6].

Адаптивна стійкість агроценозу кукурудзи визначається насамперед генотипом гібриду – групою ФАО, придатністю до поширення в агроекологічній зоні та інноваційних агротехнологій. Від цих показників залежить реалізація генетичного потенціалу продуктивності гібриду [7].

Дослідженнями доведено, що на фоні зростання насиченості посівних площ кукурудзи, важливим елементом технології, що розкриває потенціал урожайності культивгенів, є система захисту посівів від сегетальних рослин. На фоні зростаючих вимог щодо прибутковості виробництва, виникає необхідність в удосконаленні агротехнічних заходів, що забезпечують ефективний захист посівів від бур'янових синузій. Останнім часом в агровиробництві поширюється забур'яненості посівів і головними причинами негативної тенденції є насичення в сівоzmінах прибуткових культур (кукурудза, соняшник, соя) [8].

Забур'яненість агроценозів є одним із ключових чинників, що суттєво стримують реалізацію генетичного потенціалу врожайності кукурудзи у сучасному агровиробництві, тому питання контролю сегеталів набуває



актуальності. Це питання загострюється за зростаючої насиченості кукурудзи в сівоzmінах та беззмінних посівах [9, 10, 11].

Ефективність управління фітоценозом кукурудзи, з метою підвищення фотосинтетичної активності посівів, передбачає застосування інноваційних генотипів та сучасних засобів боротьби з сегетальною рослинністю. Гербіциди є основним компонентом боротьби з сегеталами в сучасному аграрному виробництві. Тому системне збалансоване застосування гербіцидів може сприяти зростанню структурних фотосинтетичних показників продуктивності та врожайності кукурудзи [12].

Фотосинтетичні показники посівів кукурудзи є основою підвищення ефективності продукційних процесів в сучасних інноваційних агротехнологіях. Площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал посівів та ефективність їх діяльності можуть регулюватись доборами відповідних адаптованих гібридів та елементами технології. Встановлено наявність нелінійного зв'язку між урожайністю, елементами технології та площею листової поверхні. Надмірне загущення посівів призводить до зменшення асиміляційної поверхні, тоді як збільшення густоти рослин, до певної, межі сприяє більш оптимальному формуванню листового апарату. Збільшення щільності ценозу супроводжується зниженням площі листової поверхні, що обумовлюється посиленням конкуренції рослин за світло, воду та поживні речовини, затіненням нижніх ярусів листків і зменшенням загальної ефективності фотосинтезу [13, 14]. Листкова поверхня кожної агрокультури є основою для ефективного продукційного процесу, тому поєднання сучасних методів боротьби з сегетальною рослинністю з оптимізацією параметрів фотосинтетичного апарату є основою сталого агровиробництва [15, 16]. Проте, підвищення площі листової поверхні у ценозі не завжди є позитивним, оскільки у разі загущення посівів можливе затінення нижніх листків верхніми і, як наслідок, погіршення освітленості та зменшення інтенсивності фотосинтезу посіву [17].

Аналіз попередніх досліджень показує, що важливим компонентом варіативності урожайності зерна кукурудзи є фотосинтетичні показники генотипів кукурудзи, сегетальна рослинність, тривалість беззмінних посівів.

Мета досліджень. Встановити динаміку фотосинтетичних показників у гібридів кукурудзи різних груп ФАО та їх зв'язок з урожайністю зерна за різних систем

захисту від сегетальної рослинності в беззмінних п'ятирічних посівах.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проведені в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (2021–2025 рр., м. Херсон, 46°38'24" північна широта, 32°36'52" східна довгота). В дослідженнях використовували інноваційні гібриди різних груп ФАО української селекції, що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні: Степовий (ФАО 190), Хотин (ФАО 250), Тронка (ФАО 380), Арабат (ФАО 430). Дослідження проводились за краплинного поверхневого зрошення з рівнем передполивної вологості ґрунту в шарі 0–50 см 75% НВ. Польові досліді закладали та проводили обробку даних у відповідності з загальноприйнятими в агрономічних дослідженнях методичними рекомендаціями Ушкаренка В.О., Вожегової Р.А. зі співавторами [18, 19]. Забур'яненість посівів визначали кількісним методом, шляхом накладання облікової рамки розміром 70 x 70 см в міжряддя в десятиразовому повторенні та зважування сегетальних рослин. Використовували гербіциди: Фронт'єр® Оптіма – діюча речовина – диметенамід-П. Dimethenamid-P; МайсТер® Пауер – діюча речовина: форамсульфурон, йодоссульфурон, тіенкарбазон-метил, ципросульфамід [20]. Технологія вирощування кукурудзи була загальновизнана, крім варіантів, що вивчалися [21]. Індекс листової поверхні (ІЛП, LAI – Leaf Area Index) розраховували як відношення сумарної площі поверхні листя рослин до площі ділянки, на якій вони ростуть (m^2/m^2). Площу асиміляційної поверхні гібридів кукурудзи визначали за формулою: $S=0,75 \cdot a \cdot b$ де: S – загальна площа листків проби; 0,75 – перерахунковий коефіцієнт для кукурудзи; a – довжина листка; b – ширина листка у найширшому місці [22]. Вимірювали площу лише у фізіологічно повноцінних листків. Кількість вимірюваних рослин визначали на 1,4 погонних метрів (0,70 м * 1,40 м = 1,0 м²) на кожному повторенні.

Виклад основного матеріалу дослідження. За беззмінних посівів кукурудзи протягом п'яти років без застосування засобів боротьби з сегетальною рослинністю було встановлено різке зростання сирової маси бур'янів кожного наступного року (табл. 1).

Без застосування гербіцидів сира маса бур'янів у фазу розвитку ВВСН 83-87 зросла з 279,6 г на 1 м² на першому році, до 843,6 г на 1 м² на п'ятому році

Таблиця 1

Сира маса сегетальної рослинності на посівах кукурудзи різних груп ФАО за беззмінних посівів залежно від системи захисту від бур'янів в передзбиральний термін (ВВСН 83-87)

Роки беззмінних посівів	Сира маса сегетальних рослин, г/1 м ² за засобів захисту							
	Контроль, без захисту		Фронт'єр® Оптіма		МайсТер® Пауер		Фронт'єр + МайсТер® Пауер	
	ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430	ФАО 190-250	ФАО 380-430
2021 р.	279,6	274,8	33,6	39,6	26,4	28,8	6,0	7,2
2022 р.	306,0	418,8	36,0	42,0	27,6	30,0	7,2	7,2
2023 р.	482,4	565,2	51,6	52,8	32,4	34,8	8,4	8,4
2024 р.	601,2	744,0	61,2	68,4	39,6	49,2	10,8	10,8
2025 р.	843,6	967,2	73,2	75,6	49,2	52,8	18,0	18,0

беззмінних посівів на гібридах з ФАО 190-250. На посівах пізньостиглих гібридів (ФАО 380-430) забур'яненість зросла за п'ятирічний термін з 274,8 г на 1 м² до 967,2 г.

Пізньостиглі гібриди мали більшу забур'яненість в наслідок більшої тривалості періоду вегетації та сприятливими умовами за вологістю ґрунту для проростання ґрунтових запасів насіння та кореневих паростків. Застосування гербіцидів значно зменшило кількість сегетальних рослин, особливо високу ефективність показала сумісна дія ґрунтового та післясходового гербіцидів (Фронт'єр® Оптіма та МайсТер® Пауер).

Серед бур'янів найбільшого поширення набули *Amaranthus retroflexus* L. (щиріця звичайна), *Descurainia sophia* L. (кучерявець Софії), *Chenopodium album* L. (лобода біла), *Echinochloa crus-galli* L. (плоскуха звичайна). Попри високу ефективність гербіцидів, не вдається подолати повністю забур'яненість умовно карантинних інвазійних видів. Сумісною дією ґрунтового та страхового гербіцидів вдалось знешкодити в фітоценозі *Cyclachaena xanthifolia* Fres. (чорнощир нетреболистий), проте, *Ambrosia artemisifolia* L. (амброзія полинолиста) залишалась в фітоценозі кукурудзи в обмеженій кількості при застосуванні ґрунтового та післясходового гербіцидів роздільно.

За беззмінних посівів кукурудзи протягом п'яти років без застосування засобів боротьби з сегетальною

рослинністю було встановлено різке зростання забур'яненості кожного наступного року. Пізньостиглі гібриди мали більшу забур'яненість починаючи з другого року беззмінних посівів в наслідок більшої тривалості періоду вегетації та сприятливими умовами за вологістю ґрунту для проростання ґрунтових запасів насіння та кореневих паростків.

Застосування гербіцидів значно зменшило кількість сегетальних рослин, особливо високу ефективність показала сумісна дія ґрунтового та страхового гербіцидів (Фронт'єр® Оптіма та МайсТер® Пауер).

Індекс листової поверхні (ІЛП) гібридів кукурудзи є певним маркером щодо оптимізації фотосинтетичної активності посіву. Конкурентний вплив сегетальної рослинності негативно позначився на Індексі листової поверхні (табл. 2).

На п'ятому році беззмінних посівів кукурудзи без використання гербіцидів, Індекс листової поверхні (ІЛП), у середньому за гібридами, зменшився з 4,38 до 3,76 одиниць. Найбільше реагували на забур'яненість пізньостиглі гібриди Тронка та Арабат (ФАО 380 та ФАО 430). Індекс листової поверхні (ІЛП) у них зменшився на п'ятий рік беззмінних посівів на 0,68 та 0,89 одиниць відповідно, що вказує на сильний негативний вплив сегетальних рослин на цей показник. Скоростиглі гібриди Степовий та Хотин менше

Таблиця 2

Індекс листової поверхні (ІЛП) посівів у гібридів кукурудзи різних груп ФАО при беззмінних посівах залежно від системи захисту рослин від сегетальної рослинності (фаза розвитку за ВВСН 61-67)

Система захисту рослин (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Індекс листової поверхні за роками беззмінних посівів (фактор С)						Середнє за фактором	
		2021	2022	2023	2024	2025	Середнє	А	В
Без гербіцидів (контроль)	Степовий	4,02	3,97	3,76	3,68	3,59	3,80	4,01	3,97
	Хотин	4,14	3,93	3,88	3,81	3,68	3,89		4,15
	Тронка	4,53	4,17	4,00	3,88	3,85	4,09		4,45
	Арабат	4,82	4,29	4,16	4,05	3,93	4,25		4,73
	середнє	4,38	4,09	3,95	3,86	3,76			
Фронт'єр®Оптіма	Степовий	4,05	3,93	4,00	3,93	3,88	3,96	4,36	
	Хотин	4,24	4,16	4,19	4,14	4,10	4,17		
	Тронка	4,58	4,53	4,46	4,50	4,41	4,50		
	Арабат	4,94	4,87	4,91	4,70	4,65	4,81		
	середнє	4,45	4,37	4,39	4,32	4,26			
МайсТер® Пауер	Степовий	4,07	4,05	4,10	4,02	4	4,05	4,45	
	Хотин	4,28	4,29	4,24	4,19	4,21	4,24		
	Тронка	4,62	4,58	4,67	4,57	4,53	4,59		
	Арабат	4,96	4,92	4,98	4,89	4,87	4,92		
	середнє	4,48	4,46	4,50	4,42	4,40			
Фронт'єр + МайсТер® Пауер	Степовий	4,14	4,1	4,07	4,05	4,02	4,08	4,48	
	Хотин	4,31	4,29	4,28	4,33	4,26	4,29		
	Тронка	4,67	4,62	4,65	4,6	4,57	4,62		
	Арабат	5,01	4,98	4,94	4,91	4,92	4,95		
	Середнє	4,53	4,5	4,48	4,47	4,44			
	Середнє за С	4,46	4,36	4,33	4,27	4,22	4,33		
НІР _{0,05}		Для часткових різниць: А=0,16; В=0,11; С=0,17							
		Для середніх (основних) ефектів: А=0,12; В=0,15; С=0,10							

реагували на забур'яненість у зв'язку з коротшою тривалістю періоду вегетації, що зменшило термін відродження та вегетації ґрунтових запасів сегеталів.

Застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр®Оптіма суттєво зменшило різницю за Індексом листової поверхні у гібридів на першому та п'ятому році беззмінних посівів. На п'ятому році беззмінних посівів Індекс листової поверхні у гібридів зменшився на 0,19 одиниць (у середньому), що свідчить про послаблення конкурентного тиску сегетальних рослин на формування площі листового апарату за використання цього гербіциду.

Найменша різниця Індексу листової поверхні у гібридів кукурудзи на першому та п'ятому році беззмінних посівів спостерігалась за використання сумісної дії ґрунтового та страхового гербіцидів (Фронт'єр + МайсТер®Пауер), що вказує на мінімальний вплив сегетальних рослин на формування фотосинтетичного апарату за такої системи захисту.

Сира маса сегетальних рослин є вагомою перешкодою для формування повноцінного фотосинтетичного активного листового апарату гібридів рослин. Розрахунки кореляційно-регресійної моделі залежності листового індексу та сирої маси сегетальної рослинності на посівах кукурудзи показали високий негативний вплив бур'янів на фотосинтетичний апарат (рис. 1).

Як свідчать дані рисунку 1, зростання маси сегетальних рослин до 900 г/м² призводить до різкого зменшення площі листової поверхні посівів кукурудзи. Крім того, активна фотосинтетична листкова поверхня гібридів кукурудзи знаходиться в жорсткій конкуренції з бур'яновими синюзіями за інсоляцією, поживними речовинами та водою.

Індекс листової поверхні має сильні кореляційні залежності з урожайністю зерна гібридів кукурудзи (рис. 2). І якщо урожайність зерна гібридів Арабат (ФАО 430) та Степовий (ФАО 190) зростає з підвищенням листового індексу ($r = 0,732$ та $0,896$) за системного захисту від сегетальної рослинності, то без захисту – кореляція у цих гібридів стає зворотною

($r = -0,512$ та $-0,781$). Зміна напрямку кореляцій свідчить про те, що сегетальна рослинність не тільки є конкурентом за поживними речовинами, а і значно знижує інтенсивність фотосинтезу у затінених бур'янами нижніх ярусах листової поверхні рослин гібридів кукурудзи. Тому, у затінених сегеталами нижніх ярусах листової поверхні рослин кукурудзи інтенсивність фотосинтезу не співрозмірна з площею листя, що призводить до зниження урожайності зерна, незважаючи на високі показники листового індексу.

Фотосинтетичний потенціал є важливим показником потенційної продуктивності гібридів кукурудзи. В наших дослідженнях, за п'ятирічний термін беззмінних посівів, найбільший фотосинтетичний потенціал в середньому за дослідом мали гібриди Тронка (ФАО 380) та Арабат (ФАО 430) – 2,427 та 2,582 млн м² * діб/га (табл. 3).

Система захисту гібридів кукурудзи від сегетальних рослин сприяла збільшенню фотосинтетичного потенціалу з 2,032 млн м² * діб/га, за технології без захисту, до 2,485 млн м² * діб/га за комплексного захисту рослин.

За безгербіцидної технології фотосинтетичний потенціал за п'ятирічний термін беззмінних посівів зменшився у гібридів в середньому з 2,340 до 1,880 млн м² * діб/га. Найбільше падіння фотосинтетичного потенціалу спостерігалось у пізньостиглого гібрида Арабат – з 2,800 до 1,902 млн м² * діб/га. Таке зниження фотосинтетичного потенціалу стало можливим з причини високого конкурентного тиску сегетальної рослинності, більшої тривалості періоду вегетації та часткового відмирання нижніх листків із-за затінення конкурентними сегеталами.

Застосування комплексного захисту з використанням ґрунтового та післясходового гербіциду надало можливість мінімально зменшити фотосинтетичний потенціал посівів гібридів кукурудзи. За такої технології фотосинтетичний потенціал, в середньому за гібридами, знизився з 2,512 до 2,462 млн м² * діб/га, що вказує на високу ефективність такого прийому захисту гібридів кукурудзи різних груп ФАО від сегетальної рослинності за беззмінних посівів.

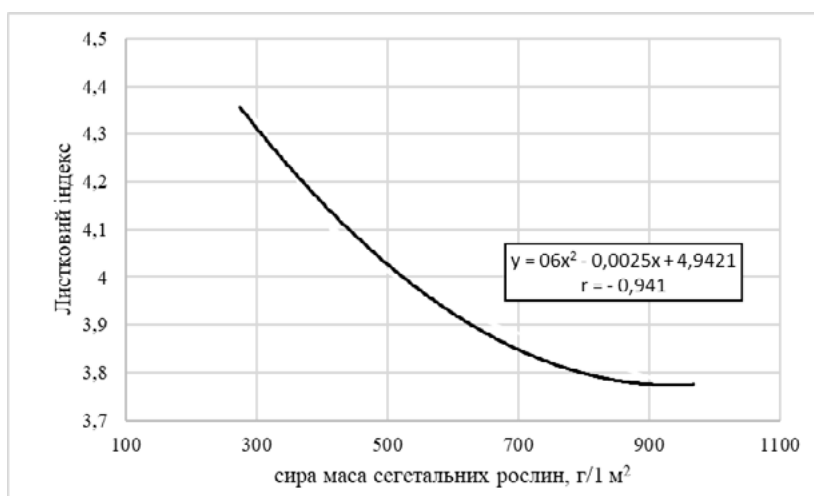


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель залежності листового індексу та сирої маси сегетальної рослинності на посівах кукурудзи

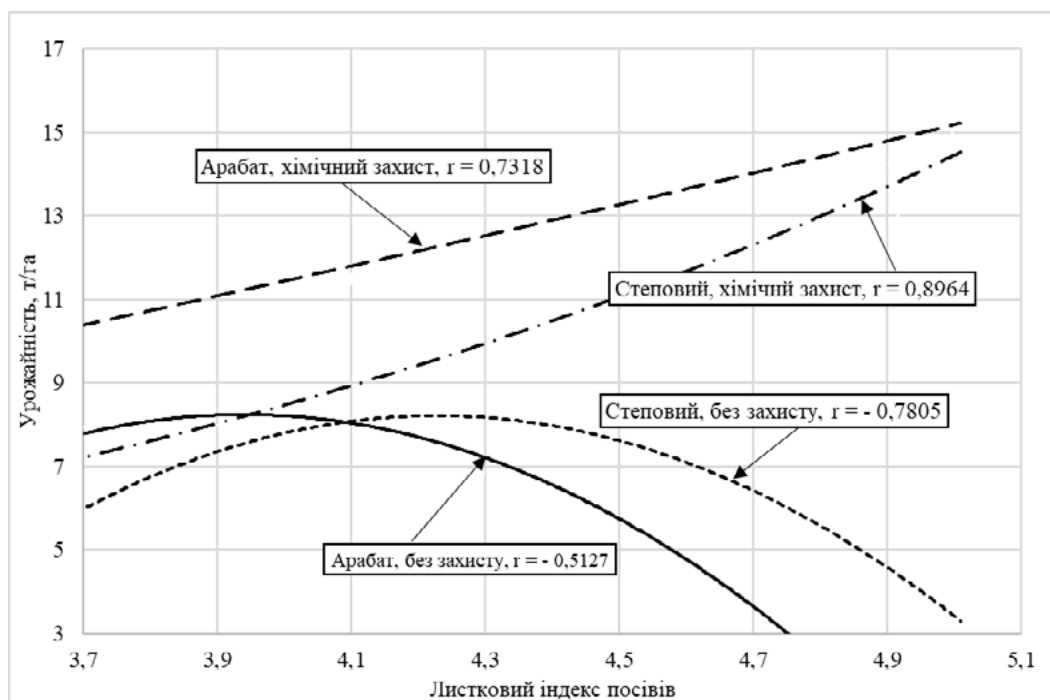


Рис. 2. Кореляційно-регресійна модель залежності листкового індексу та урожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від захисту рослин від сегетальної рослинності

Таблиця 3

Фотосинтетичний потенціал посівів гібридів кукурудзи різних груп ФАО при беззмінних посівах залежно від системи захисту рослин від сегетальної рослинності (фаза розвитку за ВВСН 10-11...89-97)

Система захисту рослин (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Фотосинтетичний потенціал посівів за роками беззмінних посівів, млн м ² * діб/га (фактор С)						Середнє за фактором, см	
		2021	2022	2023	2024	2025	Середнє	А	В
Без гербіцидів (контроль)	Степовий	2,022	1,997	1,891	1,851	1,806	1,913	2,032	2,083
	Хотин	2,132	2,024	1,998	1,962	1,895	2,002		2,195
	Тронка	2,405	2,214	2,124	2,060	1,916	2,144		2,427
	Арабат	2,800	2,492	2,117	1,032	1,902	2,069		2,582
	середнє	2,340	2,182	2,033	1,726	1,880			
Фронт'єр®Оптіма	Степовий	2,070	2,008	2,044	2,008	1,983	2,023	2,314	
	Хотин	2,209	2,167	2,183	2,157	2,136	2,170		
	Тронка	2,450	2,424	2,386	2,408	2,359	2,405		
	Арабат	2,727	2,688	2,71	2,594	2,567	2,657		
	середнє	2,364	2,322	2,331	2,292	2,261			
МайсТер®Пауер	Степовий	2,283	2,272	2,300	2,255	2,244	2,271	2,459	
	Хотин	2,315	2,321	2,294	2,267	2,278	2,295		
	Тронка	2,592	2,569	2,52	2,564	2,541	2,557		
	Арабат	2,733	2,711	2,744	2,694	2,683	2,713		
	середнє	2,481	2,468	2,465	2,445	2,437			
Фронт'єр + МайсТер®Пауер	Степовий	2,161	2,140	2,125	2,114	2,098	2,128	2,485	
	Хотин	2,332	2,321	2,315	2,313	2,305	2,317		
	Тронка	2,629	2,601	2,618	2,59	2,573	2,602		
	Арабат	2,926	2,908	2,885	2,867	2,873	2,892		
	Середнє	2,512	2,492	2,485	2,471	2,462			
	Середнє за С	2,424	2,366	2,328	2,234	2,260			

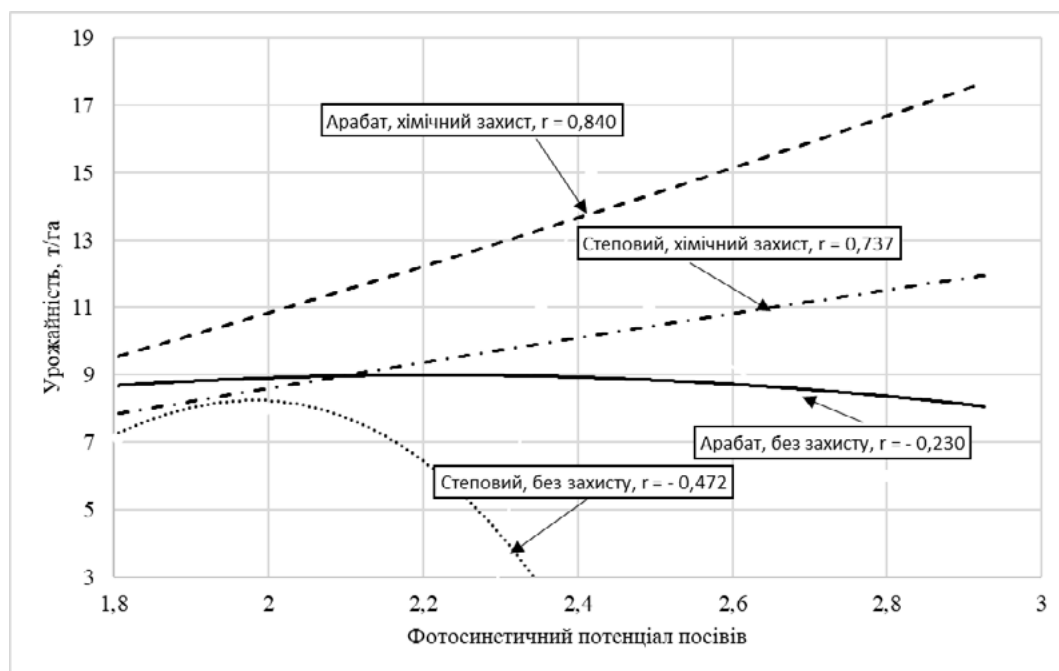


Рис. 3. Кореляційно-регресійна модель залежності фотосинтетичного потенціалу та урожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від захисту рослин від сегетальної рослинності

Ефективність системи захисту гібридів кукурудзи за беззмінних п'ятирічних посівів можемо спостерігати на рисунку 3. Система захисту з використанням ґрунтового та післясходового гербіциду сприяла синхронному зростанню фотосинтетичного потенціалу та урожайності зерна, що підтверджено сильною кореляцією цих показників у гібридів Степовий та Арабат ($r = 0,737$ та $0,840$ відповідно). За безгербіцидної технології кореляція між фотосинтетичним потенціалом та урожайністю була низькою і від'ємною ($r = -0,472$ та $-0,230$). Таку залежність можна пояснити ослабленою інтенсивністю фотосинтезу в посівах з високою забур'яненістю. Сегетальна рослинність є сильним конкурентом культури, що призводить до затінення нижніх ярусів рослин кукурудзи та зменшення реутилізації продуктів фотосинтезу від листків до качанів. Більшою мірою це стосується скоростиглих гібридів (Степовий) у яких зменшені габітуси рослин, що дає сегеталам можливість більше пригнічувати асиміляційний апарат кукурудзи.

Таким чином, комплексний захист посівів кукурудзи з застосуванням ґрунтових та післясходових гербіцидів дозволив забезпечити достатньо високу сталість індексу листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу гібридів кукурудзи різних груп ФАО протягом п'ятирічного терміну беззмінних посівів.

Застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр® Оптіма не дало можливість повністю подолати конкурентний вплив бур'янів. Відродження сегеталів проходило після дії ґрунтового гербіциду, що призводило до зниження показників фотосинтетичного апарату. Сумісне застосування ґрунтового та післясходового гербіцидів (Фронт'єр та МайсТер® Пауер) було більш ефективним і урожайність зерна на п'ятому році беззмінних

посівів мала високу кореляцію з фотосинтетичним потенціалом та індексом листового апарату.

Обговорення. Нашими дослідженнями підтверджено висновки попередніх публікацій науковців щодо захисту посівів кукурудзи від сегетальної рослинності [23, 24]. Для обмеження розвитку бур'янів найбільш ефективними виявилися системи захисту, що поєднують ґрунтову та вегетативну дію гербіцидів. Авторами пропонуються різні варіанти комбінацій гербіцидів такої дії, що забезпечують високу ліквідність бур'янів та отримання високої урожайності зерна.

В наших дослідженнях, що були проведені протягом п'ятирічних беззмінних посівів кукурудзи, встановлена висока ефективність дії однотипних ґрунтових та післясходових комбінацій гербіцидів як на першому році, так і на п'ятому році беззмінних посівів. Таким чином, попередження науковців [25, 26] щодо поширеності популяцій агресивних видів бур'янів резистентних до гербіцидів за використання однотипних гербіцидів за беззмінних посівів агрокультур в умовах змін клімату за п'ятирічний термін беззмінних посівів в умовах зрошення в Південному Степу не підтвердилась. Також не встановлено тісний зв'язок між зміною клімату й поширенням агресивних видів сегетальних рослин. Більшому поширенню інвазійних адвентивних сегетальних рослин, таких як амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), чорнощир нетреболистий (*Cyclachaena xanthifolia* Fres.), ценхрус якріцевий (*Cenchrus paucijlorus* Benth.), канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.), ваточник сирійський (*Asclepias syriaca* L.), стимулюється міжконтинентальним обміном насіннєвого матеріалу, а також, як не парадоксально, – зрошенням, що проводиться забором води з відкритих зрошувальних систем.

Висновки. Для розкриття генотипового потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за тривалих беззмінних посівів важливо мінімізувати вплив сегетальної рослинності на формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин шляхом комплексного застосування ґрунтових та післясходових гербіцидів. Площа активного асиміляційного листового апарату та тривалість його функціонування є прямим чинником фотосинтетичної активності гібридів кукурудзи та зернової продуктивності.

Комплексний захист посівів кукурудзи з застосуванням ґрунтових та післясходових гербіцидів дозволив забезпечити достатньо високу сталість індексу листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу гібридів різних груп ФАО протягом п'ятирічного терміну беззмінних посівів.

Система захисту з використанням ґрунтового та післясходового гербіцидів сприяла синхронному зростанню фотосинтетичного потенціалу та урожайності зерна, що підтверджено сильною кореляцією цих показників у гібридів Степовий та Арабат ($r = 0,737$ та $0,840$ відповідно). За безгербіцидної технології кореляція між фотосинтетичним потенціалом та урожайністю була низькою і від'ємною ($r = -0,472$ та $-0,230$), що пов'язано з ослабленою інтенсивністю фотосинтезу в посівах з високою забур'яненістю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сидякіна О. В., Гамула Є. А. Сучасний стан, проблеми та перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник. Серія Сільськогосподарські науки*. 2025. № 144. С. 164–174. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.22>
2. Яковичин Л. Топ-5 складових успіху вирощування кукурудзи в монокультурі. 2019. SuperAgronom.com. URL: <https://superagronom.com/articles/301-leonid-yakovishin-top-5-skladovih-uspihu-viroshchuvannya-kukurudzi-v-monokulturi> (дата звернення: 10.04.2026).
3. Skrypchenko N. V., Dziuba O. I., Horbenko N. Y. The estimation of soil fatigue in condition of long-term cultivation of woody fruit lianes. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2020. Vol. 30(3). P. 36–40. <https://doi.org/10.36930/40300306>
4. Donets A., Marchenko T., Lavrynenko Yu., Piliarska O., Mishchenko S. The impact of continuous maize cultivation on grain yield and agrophysical parameters of the arable soil layer. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2026. Vol. 27, Iss. 1. P. 1–13. <https://doi.org/10.12912/27197050/214464>
5. Hlushchenko L.D., Olepir R.V., Len O.I., Soroka Yu.V., Saidak R.V. Corn for grain in continuous growing under different fertilizer systems and weather conditions. *Land reclamation and water management*. 2024. № 1. P. 91–97. <https://doi.org/10.31073/mivg202401-378>
6. Макух Я. П., Козаченко Д. М. Вплив сегетальної рослинності на формування продуктивності кукурудзи та її структурних елементів. *Новітні агро-технології*. 2025. Т. 13, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.344969>
7. Amons S. Productivity of corn hybrids depends on growing technological methods. *Agriculture and forestry*. 2023. № 28. С. 25–45. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-3>
8. Іващенко О., Ременюк С., Іващенко О. Проблеми потенційної засміченості ґрунту в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 58–68. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-09>
9. Циліурік О.І., Десятник Л.М., Березовський С.В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в північному Степу України. *Зернові культури*. 2020. № 4(1). С. 152–159. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0119>
10. Грицюк Н.В., Довбиш Л.Л., Бакалова А.В., Пузняк О.М. Забур'яненість короткоротаційної сівозміни залежно від системи удобрення на дерново-підзолистих ґрунтах. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. № 1. С. 77–83. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09>
11. Мащенко Ю. В., Соколовська І. М. Продуктивність кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 57–63. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.8>
12. Rehman A., Imran M., Sajjad M., Umair R., Nawaz S., Ijaz B. Evaluation of herbicide efficiency and their impact with reduced rates along with adjuvants at varying application time in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Research (JAR)*. 2025. № 63(1). P. 49–57. <https://doi.org/10.58475/2025.63.1.137>
13. Іванів М. О., Сидякіна О. В., Гамула Є. А. Формування площі листової поверхні посівів кукурудзи залежно від агробіологічних факторів в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Серія Сільськогосподарські науки*. 2025. № 145. Ч. 1. С. 134–144. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.16>
14. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Забара П.П. Вплив елементів технології вирощування на площу асиміляційної поверхні посівів ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 12 (825). <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-07>
15. Конопольський О. П. Площа листової поверхні та ефективність фотосинтетичного апарату сої за різних систем захисту від бур'янів в умовах Лісостепу України. *Новітні агро-технології*. 2025. Т. 13, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.348189>
16. Заболотна А.В., Заболотний О.І., Даченко А.А. Чиста продуктивність фотосинтезу та врожайність кукурудзи за умов використання гербіциду Стеллар. *Зрошуване землеробство*. 2021. № 5. С. 29–33. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.5>
17. Скакун В. М., Марченко Т. Ю., Завальнюк О. І. Особливості фотосинтетичної діяльності ліній–батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Зрошуване землеробство*. 2023. № 79. С. 75–82. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.10>
18. Вожегова Р.А. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон : Грін Д.С., 2014. 286 с.
19. Ушкаренко В.О. та ін. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство). Херсон : Грін Д.С., 2014. 448 с.

20. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya> (дата звернення: 15.05.2026).
 21. Вожегова Р.А. та ін. Інноваційні технології вирощування кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: Херсон : Гринь Д.С., 2017. 720 с.
 22. Федорчук М. І., Федорчук В. Г., Коваленко О.А., Ткачова Є. С., Рожок О. Ф. Практикум з фізіології рослин : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2020. 200 с.
 23. Rudska N., Kolisnyk O. Assessment of weed infestation of corn crops depending on herbicide protection in the Vinnytsia region. *Agriculture and forestry*. 2025. № 39. С. 136–152. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-12>
 24. Степаненко М.В. Формування площі листової поверхні кукурудзи залежно від системи удобрення. *Зернові культури*. 2023. Том 7. № 2. С. 300–306. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0290>
 25. Гуральчук Ж. З., Мордерер Є. Ю. Проблема резистентності рослин до гербіцидів – інгібіторів ацетолактатсинтази. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Т.24. С. 296–301. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1118>.
 26. Шувар І.А., Корпіта Г.М., Гадзало О.Я. Глобальне потепління як чинник зростання інвазійності сегетальних видів рослин у Західному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 7(868). С. 47–61. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507-05>
- REFERENCES:**
1. Sydiakina, O. V., & Hamula, Ye. A. (2025). Suchasnyi stan, problemy ta perspektyvy vyrobnytstva zerna kukurudzy [Current state, problems and prospects of corn grain production]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya Silskohospodarski nauky*, 144, 164–174. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.22> [in Ukrainian].
 2. Iakovyshyn, L. (2019). Top-5 skladovykh uspihu vyroshchuvannya kukurudzy v monokulturi [Top 5 components of success in growing corn in monoculture]. *SuperAgronom.com*. URL: <https://superagronom.com/articles/301-leonid-yakovishin-top-5-skladovih-uspihu-viroshchuvannya-kukurudzi-v-monokulturi> [in Ukrainian].
 3. Skrypchenko, N. V., Dziuba, O. I., & Horbenko, N. Y. (2020). The estimation of soil fatigue in condition of long-term cultivation of woody fruit lianes. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(3), 36–40. <https://doi.org/10.36930/40300306>.
 4. Donets, A., Marchenko, T., Lavrynenko, Yu., Piliarska, O., & Mishchenko, S. (2026). The impact of continuous maize cultivation on grain yield and agrophysical parameters of the arable soil layer. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 27(1), 1–13. <https://doi.org/10.12912/27197050/214464>.
 5. Hlushchenko, L.D., Olepir, R.V., Len, O.I., Soroka, Yu.V., & Saidak, R.V. (2024). Corn for grain in continuous growing under different fertilizer systems and weather conditions. *Land reclamation and water management*, 1, 91-97. <https://doi.org/10.31073/mivg202401-378>.
 6. Makukh, Ya. P., & Kozachenko, D. M. (2025). Vplyv sehetalnoi roslynosti na formuvannya produktyvnosti kukurudzy ta yii strukturnykh elementiv [The influence of segetal vegetation on the formation of corn productivity and its structural elements]. *Novitni ahrotekhnologii*, 13(3). <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.344969> [in Ukrainian].
 7. Amons, S. (2023). Productivity of corn hybrids depends on growing technological methods. *Agriculture and forestry*, 28, 25–45. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-3>.
 8. Ivashchenko O., Remenyuk S., & Ivashchenko O. (2018). Problemy potentsiinoi zasmichenosti gruntu v Ukraini. [Problems of potential soil contamination in Ukraine]. *Visnyk ahraryoi nauky*, 8, 58–68. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-09> [in Ukrainian].
 9. Tsyliuryk, O.I., Desiatnyk, L.M., & Berezovskyi, S.V. (2020). Zaburianenist ahrotsenoziv kukurudzy pid vplyvom obrobitku gruntu ta udobrennia v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Pollution of corn agrocenoses under the influence of soil cultivation and fertilization in the northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury*, 4(1), 152–159. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0119> [in Ukrainian].
 10. Hrytsiuk, N.V., Dovbysh, L.L., Bakalova, A.V., & Puzniak, O.M. (2022). Zaburianenist korotkorotatsiinoi sivozminy zalezno vid systemy udobrennia na dernovo-pidzolyistkykh gruntakh. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 77–83. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09>.
 11. Mashchenko, Yu. V., & Sokolovska, I. M. (2023). Produktivnist kukurudzy zalezno vid yii chastky v sivozmini ta udobrennia [Corn productivity depending on its share in crop rotation and fertilization]. *Ahrarni innovatsii*, 21, 57–63. <https://doi.org/10.32848/ahar.innov.2023.21.8> [in Ukrainian].
 12. Rehman, A., Imran, M., Sajjad, M., Umair, R., Nawaz, S., & Ijaz, B. (2025). Evaluation of herbicide efficiency and their impact with reduced rates along with adjuvants at varying application time in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Research (JAR)*, 63(1), 49–57. <https://doi.org/10.58475/2025.63.1.137>.
 13. Ivaniv, M. O., Sydiakina, O. V., & Hamula, Ye. A. (2025). Formuvannya ploshchi lystkovoї poverkhni posiviv kukurudzy zalezno vid ahrobiolohichnykh faktoriv v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy. [Formation of the leaf surface area of corn crops depending on agrobiological factors in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya Silskohospodarski nauky*, 145(1), 134–144. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.16> [in Ukrainian].
 14. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Iu., Piliarska, O.O., & Zabara P.P. (2021). Vplyv elementiv tekhnologii vyroshchuvannya na ploshchu asymiliatsiinoї poverkhni posiviv linii – batkivskykh komponentiv hibrydiv kukurudzy v umovakh zroshennia [The influence of elements of cultivation technologies on the area of the assimilation surface of crops of lines – parental components of corn hybrids under irrigation conditions]. *Visnyk ahraryoi nauky*, 12(825). <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-07> [in Ukrainian].
 15. Konopolskyi, O. P. (2025). Ploshcha lystkovoї poverkhni ta efektyvnist fotosyntetichnoho aparatu soi za ryznykh system zakhystu vid burianiv v umovakh Lisostepu Ukrainy [Leaf surface area and efficiency of the photosynthetic apparatus of soybean under different weed

- protection systems in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitniahrotekhnologii*, 13(2). <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.348189> [in Ukrainian].
16. Zabolotna, A.V., Zabolotnyi, O.I., & Datsenko, A.A. (2021). Chysta produktyvnist fotosyntezy ta vrozhaunist kukurudzy za umov vykorystannia herbicydu Stellar [Net photosynthetic productivity and corn yield under conditions of use of Stellar herbicide]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 5, 29–33. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.5> [in Ukrainian].
 17. Skakun, V. M., Marchenko, T. Yu., & Zavalniuk, O. I. (2023). Osoblyvosti fotosyntetichnoi diialnosti liniibatkivskykh komponentiv hibrivid kukurudzy zalezno vid elementiv tekhnologii [Peculiarities of photosynthetic activity of lines-parental components of corn hybrids depending on the elements of technology]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 79, 75–82. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.10> [in Ukrainian].
 18. Vozhehova, R.A. (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh* [Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh]. Kherson : Hrin D.S., 286 [in Ukrainian].
 19. Ushkarenko, V.O. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field Experiment Methodology (Irrigated Agriculture)]*. Kherson : Hrin D.S., 448 [in Ukrainian].
 20. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini. URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pestytsydiv-i-agrokhimikativ-dozvolenykh-dlya-vikorystannya> [in Ukrainian].
 21. Vozhehova, R.A. (2017). *Innovatsiini tekhnologii vyroshchuvannia kukurudzy na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy* [Innovative technologies for growing corn on irrigated lands of southern Ukraine]. Kherson: Grin D.S., 720 [in Ukrainian].
 22. Fedorchuk, M. I., Fedorchuk, V. H., Kovalenko, O.A., Tkachova, Ye. S., & Rozhok, O. F. (2020). *Praktykum z fiziologii roslyn: navchalnyi posibnyk* [Plant Physiology Workshop: Study Guide]. Mykolaiv: MNAU, 200 [in Ukrainian].
 23. Rudska, N. & Kolisnyk, O. (2025). Assessment of weed infestation of corn crops depending on herbicide protection in the Vinnytsia region. *Agriculture and forestry*, 39, 136–152. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-12>.
 24. Stepanenko, M.V. (2023). Formuvannia ploshchi lystkovoi poverkhni kukurudzy zalezno vid systemy udobrennia [Formation of the leaf surface area of corn depending on the fertilization system]. *Zernovi kultury*, 7(2), 300–306. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0290> [in Ukrainian].
 25. Huralchuk, Zh. Z., & Morderer, Ye. Yu. (2019). Problema rezystentnosti roslyn do herbicydiv – inhibitoriv atsetolaktatsyntazy [The problem of plant resistance to herbicides – inhibitors of acetolactate synthase]. *Factors of experimental evolution of organisms*, 24, 296–301. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1118> [in Ukrainian].
 26. Shuvar, I. A., Korpita, H.M., & Hadzalo, O.J. (2025). Hlobalne poteplinnia yak chynnyk zrostannia invaziinosti segetalnykh vydiv roslyn u Zakhidnomu Lisostepu [Global warming as a factor of growth of invasiveness of segetal plant species in the Western Forest-Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 7(868), 47–61. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507-05> [in Ukrainian].
- Донець А.О., Марченко Т.Ю., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Графов А.В., Пілярська О.О. Динаміка фотосинтетичного потенціалу у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за беззмінних посівів та системи захисту від сеgetальної рослинності**
- Мета.** Встановити показники фотосинтетичного потенціалу у гібридів кукурудзи різних груп ФАО та їх зв'язок урожайністю зерна за різних систем захисту від сеgetальної рослинності в беззмінних п'ятирічних посівах. **Методи.** Польові дослідження проведені в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН в агроекологічній зоні Південного Степу України (2021–2025 рр., 46°38'24" півн. шир. 32°36'52" схід. довг.). В дослідженнях використовували інноваційні гібриди української селекції (ФАО 190–430), що занесені до Державного реєстру сортів рослин України. Дослідження проводились за краплинного поверхневого зрошення з рівнем передполивної вологості ґрунту в шарі 0–50 см 75% НВ. Для захисту рослин від сеgetалів використовували гербіциди Фронт'єр® Оптіма та МайсТер® Пауер. **Результати.** На п'ятому році беззмінних посівів кукурудзи без використання гербіцидів, Індекс листової поверхні (ІЛП), у середньому за гібридами, зменшився з 4,38 до 3,76. Найбільше реагували на забур'яненість пізньостиглі гібриди Тронка та Арабат (ФАО 380 та ФАО 430). Індекс листової поверхні (ІЛП) у них зменшився на п'ятий рік беззмінних посівів на 0,68 та 0,89 відповідно, що вказує на сильний негативний вплив сеgetальних рослин на цей показник. Скоростиглі гібриди Степовий та Хотин менше реагували на забур'яненість у зв'язку з меншою тривалістю періоду вегетації, що зменшило термін відродження та вегетації ґрунтових запасів сеgetалів. Найменша різниця Індексу листової поверхні у гібридів кукурудзи на першому та п'ятому році беззмінних посівів спостерігалась за використання сумісної дії ґрунтового та страхового гербіцидів (Фронт'єр + МайсТер® Пауер), що вказує на мінімальний вплив на формування фотосинтетичного апарату сеgetальних рослин за такої системи захисту. Урожайність зерна гібридів Арабат (ФАО 430) та Степовий (ФАО 190) зростає з підвищенням листового індексу ($r = 0,732$ та $0,896$) за системного захисту від сеgetальної рослинності, а без захисту – кореляція у цих гібридів стає зворотною ($r = -0,512$ та $-0,781$). Зміна напрямку кореляції свідчить про те, що сеgetальна рослинність не тільки є конкурентом за поживними речовинами, а і значно знижує інтенсивність фотосинтезу у затінених бур'янами нижніх ярусах листової поверхні рослин гібридів кукурудзи. **Висновки.** Для розкриття генотипового потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за тривалих беззмінних посівів важливо мінімізувати вплив сеgetальної рослинності на формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин шляхом комплексного застосування ґрунтових та післясходових гербіцидів. Площа активного асиміляційного листового апарату та тривалість його функціонування є прямим чинником фотосинтетичної активності гібридів кукурудзи та зернової продуктивності. Комплексний захист посівів кукурудзи з застосуванням ґрунтових та післясходових гербіцидів дозволив забезпечити достатньо високу сталість індексу листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу гібридів різних груп ФАО протягом п'ятирічного терміну беззмінних посівів.
- Ключові слова:** кукурудза, фотосинтез, сеgetали, гібриди, гербіциди, захист рослин, урожайність.

Donets A.O., Marchenko T.Yu., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O., Grafov A.V., Piliarska O.O. Dynamics of photosynthetic potential in corn hybrids of different FAO groups under constant cropping and protection systems against segetal vegetation

Purpose. To establish the photosynthetic potential of corn hybrids of different FAO groups and their relationship with grain yield under different protection systems against segetal vegetation in constant five-year crops. **Methods.** Field studies were conducted at the Institute of Climate-Oriented Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine in the agroecological zone of the Southern Steppe of Ukraine (2021–2025, 46°38'24" N lat. 32°36'52" E long.). The studies used innovative hybrids of Ukrainian selection (FAO 190–430), which are listed in the State Register of Plant Varieties of Ukraine. The studies were conducted under drip surface irrigation with a pre-irrigation soil moisture level in the 0–50 cm layer of 75% RH. To protect plants from segetals, the herbicides Frontier® Optima and MaisTer® Power were used. **Results.** In the fifth year of continuous corn cultivation without the use of herbicides, the Leaf Area Index (LAI), on average across hybrids, decreased from 4.38 to 3.76. The late-ripening hybrids Tronka and Arabat (FAO 380 and FAO 430) responded most to weed infestation. Their leaf area index (LAI) decreased by 0.68 and 0.89, respectively, in the fifth year of continuous cropping, indicating a strong negative impact of segetal plants on this indicator. The early-ripening hybrids Stepovy and Khotyn responded less to weed infestation due to the shorter duration of the growing season, which reduced the period of regeneration and vegetation of soil reserves of

segetals. The smallest difference in the Leaf Area Index in corn hybrids in the first and fifth year of constant crops was observed when using the combined action of soil and insurance herbicides (Frontier + Meister® Power), which indicates a minimal impact on the formation of the photosynthetic apparatus of segetal plants under such a protection system. The grain yield of Arabat (FAO 430) and Stepovy (FAO 190) hybrids increases with increasing leaf index ($r = 0.732$ and 0.896) with systematic protection from segetal vegetation, and without protection – the correlation in these hybrids becomes inverse ($r = -0.512$ and -0.781). The change in the direction of correlations indicates that segetal vegetation is not only a competitor for nutrients, but also significantly reduces the intensity of photosynthesis in the lower tiers of the leaf surface of corn hybrid plants shaded by weeds. **Conclusions.** To reveal the genotypic productivity potential of corn hybrids of different FAO groups during long-term continuous crops, it is important to minimize the impact of segetal vegetation on the formation and functioning of the photosynthetic apparatus of plants through the complex use of soil and post-emergence herbicides. The area of the active assimilation leaf apparatus and the duration of its functioning are a direct factor in the photosynthetic activity of corn hybrids and grain productivity. Integrated protection of corn crops with the use of soil and post-emergence herbicides allowed to ensure a sufficiently high constancy of the leaf area index and photosynthetic potential of hybrids of different FAO groups during the five-year period of continuous crops.

Key words: corn, photosynthesis, segetals, hybrids, herbicides, plant protection, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ НА СТРУКТУРНІ ПОКАЗНИКИ *BRASSICA NAPUS L.*

ДРОБІТ О.С. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-3633-5828

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

БАЛАБАШ В.С.
orcid.org/0009-0006-4178-3242

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Ріпак озимий (*Brassica napus L.*) є однією з найцінніших олійних культур, які найбільш поширені в країнах Європи, Канаді, Китаї та Україні. Завдяки високому вмісту олії в насінні (до 45–50 %) та цінному білковому шроту, посідає стратегічне місце у світовому агропромисловому виробництві як джерело харчових продуктів, кормів та біопалива, займаючи провідну позицію серед експортно орієнтованих культур. Широкий діапазон природної адаптації та висока екологічна пластичність ріпаку озимого створюють об'єктивні передумови для його успішної інтродукції та стабільного культивування на всій території України, що набуває стратегічного значення в умовах прогресуючих кліматичних коливань. Завдяки здатності ефективно використовувати осінньо-зимові запаси вологи та потужній кореневій системі, що проникає в глибокі горизонти ґрунту, *Brassica napus L.* демонструє значну перевагу над ярими видами в умовах дефіциту опадів [1–3].

Високий генетичний потенціал сучасних гібридів до регенерації та морозостійкості дозволяє нівелювати ризики, пов'язані з температурними стресами, тоді як гнучкість агротехнічних підходів забезпечує можливість інтеграції біологічно активних препаратів для стимуляції росту. Окрім високої продуктивності, ріпак озимий виконує важливу роль фітомеліоранта, покращуючи структуру ґрунту та слугуючи ідеальним попередником у зернофуражних сівоzmінах [4, 5].

Поєднання біологічних особливостей культури з адаптованими технологіями вирощування не лише гарантує сталу врожайність у ризикованих зонах землеробства, а й забезпечує високу рентабельність галузі ріпаківництва, зміцнюючи економічну стабільність агропромислового комплексу та продовольчу безпеку держави в довгостроковій перспективі [6].

Тому актуальними є дослідження, спрямовані на удосконалення агротехнічних параметрів вирощування ріпаку озимого для визначення найбільш ефективних елементів технології. Що сприятиме досягненню максимальної насінневої продуктивності олійної культури, а також економічних і екологічних переваг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження вітчизняних учених у галузі ріпаківництва мають фундаментальне значення для становлення

України як одного зі світових лідерів з експорту ріпаку озимого. Провідні наукові установи, серед яких Інститут олійних культур НААН та Інститут землеробства НААН, сформували потужну наукову школу, зосереджену на селекції, насінництві та розробці адаптивних агротехнологій вирощування. Завдяки зусиллям вітчизняних селекціонерів і дослідників, таких як В. В. Лихочвор, С. М. Каленська, О. І. Поляков та І. А. Шевченко, створено високоякісний сортовий ресурс і оптимізовано техніко-технологічні процеси його виробництва. Створені сорти відзначаються високою екологічною пластичністю, підвищеною морозостійкістю і повною відповідністю міжнародним стандартам якості «00». Наразі дослідники зосереджені на оптимізації термінів сівби та норм висіву в умовах глобального потепління, а також на впровадженні інтегрованих систем захисту з активним використанням біопрепаратів [7, 8].

Важливим досягненням є розробка методик вирощування *Brassica napus L.* в умовах як природного зволоження, так і зрошення, що дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал культури в різних регіонах – від Полісся до Степу. Наукове обґрунтування ролі даної олійної культури як ефективного попередника у сівоzmіні та фітосанітара ґрунту сприяло її масовому впровадженню у виробництво [9, 10].

Результати багаторічних експериментів українських вчених не лише забезпечують аграріїв дієвими технологічними картами, а й гарантують стабільну рентабельність олійної галузі, що є запорукою економічної міцності та продовольчої безпеки держави в умовах сучасних кліматичних і геополітичних викликів. Разом з тим ефективне вирощування та висока врожайність насіння ріпаку озимого можливі лише за умови комплексного врахування метеорологічних чинників, правильного вибору сортів та дотримання агротехнологій [11, 12].

Мета – встановити динаміку формування елементів структури та насінневої продуктивності ріпаку озимого залежно від біопрепаратів та строків їх внесення в зрошуваних і неполиваних умовах Півдня України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в 2023–2026 рр. у приватному підприємстві «ГСП», Березівського району Одеської області, розташованому в північній степовій зоні. Ґрунти підприємства



представлені звичайними чорноземами з низьким вмістом гумусу.

Висівали сорт ріпаку озимого Чорний Велетень за використання зрошення та без зрошення (фактор А). На посівах культури випробовували біопрепарати виробництва ІТІ «Біотехніка» НААН: Ампеломіцин БТ, Планриз БТ та Триходермін БТ (фактор В). Позакореневі обробки рослин здійснювали за двома схемами: (утворення розетки + стеблуння + бутонізація) та (стеблуння + бутонізація) (фактор С).

Використовували методи: польовий, візуальний, математично-статистичний і розрахунково-порівняльний. Планування та проведення досліджень здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик проведення польових досліджень, методичних рекомендацій та посібників [13, 14].

Агротехніка вирощування культури загальноприйнята та відповідає вимогам технологій виробництва насіння ріпаку озимого в зрошуваних та неpolивних умовах Півдня України. Сівбу ріпаку озимого проводили щорічно в першій декаді вересня відповідно до календарного плану. Вологість ґрунту вимірювали за допомогою тензіометра. На експериментальних ділянках з використанням зрошення стабільно підтримували рівень зволоження на рівні 75–80 % від найменшої вологоємності (НВ).

Результати досліджень. Основним показником ефективності агротехніки ріпаку озимого є кількість зібраного врожаю. Саме дані про врожайність відображають, наскільки успішно була застосована технологія вирощування культури. В результаті вивчення впливу досліджуваних факторів встановили наступну закономірність (табл. 1).

Так, за зрошення урожайність насіння, в середньому за три роки, була на рівні 2,66 т/га та на 0,98 т/га, або 58,3 % перевищувала аналогічні значення показника на варіантах без зрошення. Використання біопрепаратів сприяло підвищенню насінневої продуктивності *Brassica napus* L. у порівнянні з контролем. Внесення

біопрепарату Ампеломіцин БТ забезпечило врожайність 2,17 т/га, Планриз БТ – 2,29 т/га, Триходермін БТ – 2,22 т/га, тоді як на Контролі (без внесення препарату) отримали лише 2,00 т/га. Залежно від строків внесення, найвища врожайність насіння ріпаку озимого була відмічена на ділянках де проводили триразову обробку посівів у фазі утворення розетки, стеблуння та бутонізації – урожайність насіння становила 2,22 т/га, що перебільшувало значення аналогічного показника на варіантах досліду, де біопрепарати вносили двічі (в фазі стеблуння та бутонізації) на 0,11 т/га. В середньому за 2024–2026 рр. максимальну насінневу продуктивність культури – 2,89 т/га отримали за внесення біопрепарату Планриз БТ у фазі утворення розетки, стеблуння та бутонізації в зрошуваних умовах.

Аналіз складових елементів врожаю показав, що максимальна насіннева продуктивність формується завдяки балансу та оптимальному співвідношенню всіх елементів структури. За трирічний період середня густина стояння рослин перед збиранням коливалася від 35,2 шт./м² на контрольних ділянках (без зрошення та обробки) до 52,1 шт./м² на ділянках, де поєднували зрошення з триразовим застосуванням препарату Планриз БТ (у фазах розетки, стеблуння та бутонізації) (табл. 2).

Дослідженнями 2024–2026 рр. визначено значний вплив умов вологозабезпечення (Фактор А) на формування всіх структурних показників культури. Оптимізація водного режиму забезпечила високу виживаність рослин: у випадках зрошення густина стеблостою перед збиранням збільшувалася до 45,3–52,1 шт./м². Водночас на ділянках без поливу через дефіцит вологи цей показник зменшувався до 35,2–38,3 шт./м². Зрошення активізувало бічне розгалуження ріпаку озимого, значно підвищивши кількість стручків на рослині до 150,5–181,2 шт. у порівнянні з 121,9–135,3 шт. за відсутності зрошення. Адекватне забезпечення вологою на фінальних етапах органогенезу також поліпшило якість насіння: маса 1000 насінин на зрошених ділянках становила 4,09–4,48 г, тоді як без зрошення – 3,72–4,05 г.

Таблиця 1

Урожайність насіння ріпаку озимого сорту Чорний Велетень залеж від вивчаємих факторів, т/га (середнє за 2024–2026 рр.)

Фактор А, умови волого- забезпечення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строк внесення		В середньому по фактору		
		утворення розетки + стеблуння + бутонізація	стеблуння + бутонізація	А	В	С
без зрошення	контроль (без внесення препарату)	1,59	1,57	1,68	2,00	2,22 2,11
	Ампеломіцин БТ	1,74	1,62		2,17	
	Планриз БТ	1,83	1,70		2,29	
	Триходермін БТ	1,77	1,65		2,22	
зрошення	контроль (без внесення препарату)	2,42	2,40	2,66		
	Ампеломіцин БТ	2,74	2,59			
	Планриз БТ	2,89	2,73			
	Триходермін БТ	2,81	2,66			
Оцінка істотності часткових відмінностей: HIP_{05} , т/га А = 0,03; В = 0,05; С = 0,07						
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів: HIP_{05} , т/га А = 0,09; В = 0,02; С = 0,03						

Дослідження біопрепарату Фактор В виявило тенденцію до покращення структури врожаю порівняно з контрольними зразками. Планриз БТ показав найвищу ефективність: на зрошуваних ділянках він сприяв формуванню 175,7–181,2 стручків на рослині та забезпечив максимальну кількість насіння в стручку – 22,6–23,2 шт. Друге місце за агрономічною ефективністю посів Триходермін БТ, який забезпечив формування 127,8–131,2 стручків без зрошення і 172,6–178,3 – за зрошення. Ампеломіцин БТ також позитивно вплинув, хоча й менш виразно в порівнянні з іншими варіантами, що підтверджено математичними розрахунками.

Аналіз строків застосування біопрепаратів (Фактор С) виявив важливу біологічну особливість *Brassica napus L.* Триразове їх внесення у фазах розетки, стеблуння та бутонізації стимулювало ріст вегетативної маси на початкових етапах органогенезу. Це призвело до формування більшої кількості стручків на рослині та підвищеної озерненості стручка за однакових умов обробки. Водночас маса 1000 насінин виявила зворотну тенденцію: при дворазовому внесенні препаратів у фази стеблуння та бутонізації цей показник стабільно зростав на 0,03–0,09 г. Цей ефект зумовлений конкуренцією між органами рослин і природною компенсацією. Зменшення кількості

генеративних органів за двократної обробки дозволило рослинам ріпаку озимого перенаправити поживні речовини на активніше наливання вже сформованого насіння, що збільшило його питому масу.

Важливим аспектом досліджу є можливість визначення рівня впливу окремих біометричних показників на формування урожайності насіння культури. Встановлено, що між густотою рослин перед збиранням і врожайністю насіння ріпаку озимого існує тісний прямий кореляційний зв'язок. Коефіцієнт кореляції між урожайністю та густотою перед збиранням у зрошуваних умовах досягав 0,95, тоді як без зрошення г становив 0,85 (рис. 1).

Побудована модель показала міцний зв'язок між кількістю насінин у стручку та врожайністю насіння ріпаку. Коефіцієнти кореляції виявилися високими: 0,96 за умов зрошення та 0,93 без нього (рис. 2).

Під впливом зрошення лінійна залежність продуктивності описується рівнянням $y = 0,2395x - 2,6669$. Це свідчить про середній приріст врожайності на 0,24 т/га з кожним додатковим насінням в стручку. Ефективність формування врожаю при штучному зволоженні перевершує рівень природних умов на 23,33 %. Що підтверджує важливість оптимізації вологозабезпечення для досягнення максимальної насіннєвої продуктивності культури.

Таблиця 2

Структурні показники врожаю ріпаку озимого сорту Чорний Велетень залежно від вивчасмих факторів, т/га (середнє за 2024–2026 рр.)

Фактор А, умови волого- забезпечення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строк внесення	Густота рослин перед збиранням, шт./м ²	Кількість стручків на рослині, шт.	Кількість насінин у стручку, шт.	Маса 1000 насінин г
без зрошення	контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	35,9	125,0	19,5	3,72
		стеблуння + бутонізація	35,2	121,9	19,2	3,81
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	36,4	130,7	20,2	3,90
		стеблуння + бутонізація	36,1	125,6	19,4	3,95
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	38,3	135,3	20,4	4,01
		стеблуння + бутонізація	37,8	129,9	20,1	4,05
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	37,9	131,2	20,3	4,02
		стеблуння + бутонізація	37,2	127,8	19,7	4,00
зрошення	контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	45,7	154,1	21,3	4,09
		стеблуння + бутонізація	45,3	150,5	21,5	4,13
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	48,4	163,0	22,1	4,24
		стеблуння + бутонізація	47,9	158,9	21,7	4,28
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	52,1	181,2	23,2	4,40
		стеблуння + бутонізація	50,8	175,7	22,6	4,48
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблуння + бутонізація	51,0	178,3	22,9	4,37
		стеблуння + бутонізація	49,7	172,6	22,5	4,45
Оцінка істотності часткових відмінностей НР ₀₅	А		0,85	1,41	0,91	0,4
	В		0,67	1,96	0,78	0,2
	С		0,43	1,25	0,45	0,1

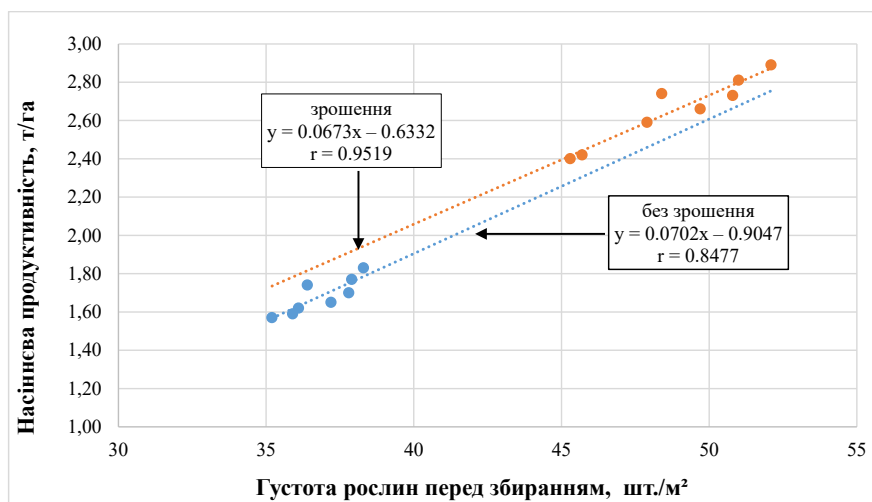


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності насіння та густоти рослин перед збиранням (середнє за 2024–2026 рр.)

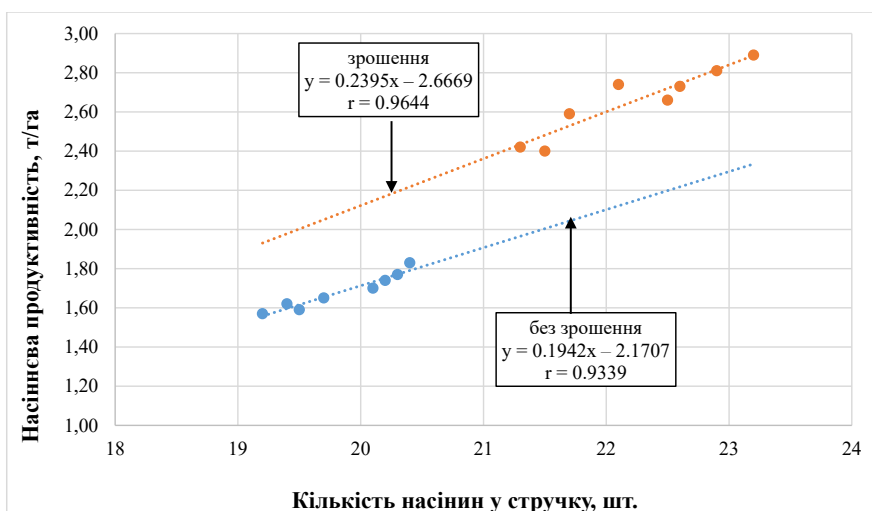


Рис. 2. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності насіння та кількості насінин у стручку (середнє за 2024–2026 рр.)

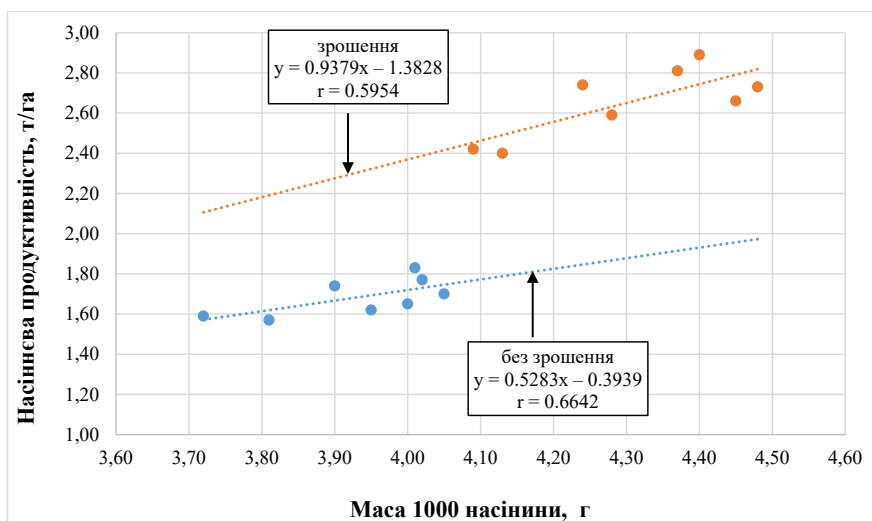


Рис. 3. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності насіння та маси 1000 насінин (середнє за 2024–2026 рр.)

Аналіз моделі лінійної регресії виявив, що між насінневою продуктивністю ріпаку озимого і масою 1000 насінин існує помірна пряма залежність, яка значно варіюється залежно від рівня вологозабезпечення (рис. 3).

Коефіцієнт кореляції r при поливних умовах дорівнює 0,59, що свідчить про велику чутливість ріпаку озимого до зрошення: збільшення маси 1000 насінин на 1 грам дозволяє досягти середнього приросту врожайності на 0,94 т/га. Без зрошення зв'язок стає трохи більш щільним при r дорівнює 0,67, однак вплив фактора менш значний. У такому випадку рівняння $y = 0,5283x - 0,3939$ демонструє приріст врожайності тільки на 0,53 т/га з кожного граму збільшення маси. Порівняння коефіцієнтів показує, що при зрошенні ефективність оптимізації маси 1000 насінин на 77,5 % вища, порівняно з неполивними варіантами. Відносно низькі значення коефіцієнтів кореляції вказують на суттєвий вплив інших екологічних факторів під час формування насіння.

Висновки. Результати досліджень були отримані на основі польових експериментів, які проводили відповідно до загальноприйнятої методики для зрошуваних та неполивних умов. Отримані дані свідчать про те, що застосування оптимальних параметрів технології у посівах сприяло покращенню елементів структури та підвищенню врожайності культури. Дослідженнями 2023–2026 рр. встановлено, що максимальна насіннева продуктивність ріпаку озимого – 2,89 т/га та найкращі показники елементів структури врожаю забезпечуються поєднанням зрошення з триразовим застосуванням біопрепарату Планриз БТ у фазі розетки, стеблуння та бутонізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ткачук О. П., Разанов С. Ф., Банул С. О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 175–181.
2. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2019. 806 с.
3. Лавриненко Ю. О., Влашук А. М., Дробіт О. С., Влашук О. А. Насіннева продуктивність буркуну однорічного залежно від способів сівби та удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. Львів-Оброшине, 2020. Вип. 67. Ч. 2. С. 139–151.
4. Hormesis in plants: The role of oxidative stress, auxins and photosynthesis in corn treated with Cd or Pb. / Małkowski E., Sitko K., Szopiński M., Gieroń Ż., Pogrzeba M., Kalaji H. M., Zieleźnik-Rusinowska P. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. № 21(6). Р. 2099.
5. Дідур І. М., Ткачук О. П., Банул С. О. Продуктивність та екологічна стійкість гібридів ріпаку озимого. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 1. С. 78–88. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.11>
6. Забарний О. С., Шкатула Д. Ю. Вплив агротехнічних прийомів вирощування ріпаку озимого на густоту стояння рослин та урожайність. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 115–120. DOI: <https://doi.org/10.32848/agr.innov.2025.33.19>
7. Цицюра Я. Г., Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Пелех Л. В. Інноваційні підходи до фіторе mediaції

та фіторекультивації у сучасних системах землеробства : монографія. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.

8. Поляков О. І. Особливості росту, розвитку та формування врожайності ріпаку озимого залежно від норми висіву за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 33. С. 99–110. DOI: 10.36710/IOC-2022-33-10
9. Hernández-Ortega H. A., Ferrera-Cerrato R., López-Delgado H. A., Sánchez-Rangel J. C., Alarcón A. Estado nutricional, contenido de peróxido de hidrógeno, y actividad peroxidada de plantas de *Melilotus albus* inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y crecidas en sustrato contaminado con diésel. *Scientia Fungorum*. 2021. V. 51. P. 1298. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1298>.
10. Лавриненко Ю. О., Влашук А. М., Дробіт О. С., Влашук О. А. Насіннева продуктивність сортів буркуну білого однорічного на півдні України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія»* : Електронний науковий фаховий журнал. Київ, 2019. Вип. 2 (78). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovid2019.02.007>
11. Волошук О. П., Случак О. М., Распутенко А. О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 64 С. 44–55.
12. Забарний О. С. Вплив норм висіву на формування продуктивності агроценозів ріпаку озимого (*Brassica napus* L. *Oleifera*). *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771>
13. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. О. та ін. Загальне землеробство. Київ : Вища освіта, 2004. 336 с.
14. Методика польового досліду (зрошуване землеробство) / Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Херсон : Гринь Д.С., 2014. 448 с.

REFERENCES:

1. Tkachuk, O. P., Razanov, S. F., & Banul, S. O. (2024). Naukovi pryncypy pidboru sortiv i hibrydiv ripaku ozymoho [Scientific principles of selection of varieties and hybrids of winter rapeseed]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*. 7. 175–181. [in Ukrainian]
2. Petrychenko, V. F., & Lykhochvor, V. V. (2019). Roslynnystvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Plant growing. New technologies of crops cultivation]. Lviv: Ukrainski tekhnolohii, 806 [in Ukrainian].
3. Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., Drobit, O. S., & Vlashchuk, O. A. (2020). Nasinnieva produktyvnist burkunu odnorichnoho zalezno vid sposobiv sivyby ta udobrennia [The seed productivity of the white sweet clover depends on the methods of sowing and fertilization]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 67(2), 139–151 [in Ukrainian].
4. Małkowski, E., Sitko, K., Szopiński, M., Gieroń, Ż., Pogrzeba, M., Kalaji, H. M., & Zieleźnik-Rusinowska, P. (2020). Hormesis in plants: The role of oxidative stress, auxins and photosynthesis in corn treated with Cd or Pb.

- International Journal of Molecular Sciences*, 21(6), 2099.
5. Didur, I. M., Tkachuk, O. P., & Banul, S. O. (2025). Produktivnist ta ekolohichna stiikist hibrydiv ripaku ozymoho [Productivity and environmental sustainability of winter rapeseed hybrids]. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*. 141. 1. 78–88. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.11> [in Ukrainian].
 6. Zabarnyi, O. S., & Shkatula, D. Yu. (2025). Vplyv ahrotekhnichnykh priyomiv vyroshchuvannya ripaku ozymoho na hustotu stoiannia roslyn ta urozhainist [Influence of agrotechnical methods of growing winter rapeseed on plant stand density and productivity]. *Ahrarni innovatsii*. 33. 115–120. DOI: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2025.33.19> [in Ukrainian].
 7. Tsytsiura, Ya. H., Shkatula, Yu. M., Zabarna, T. A., & Pelekh, L. V. (2022). *Innovatsiini pidkhody do fitoremeditsii ta fitorekultyvatsii u suchasnykh systemakh zemlerobstva [Innovative approaches to phytoremediation and phytorecultivation in modern agricultural systems]*. Vinnytsia: LLC "Druk", 1200 [in Ukrainian].
 8. Poliakov, O. I. (2022). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta formuvannya vrozhaivosti ripaku ozymoho zalezno vid normy vysivu za ryznykh strokiv sivby [Peculiarities of growth, development and yield formation of winter rapeseed depending on the sowing rate for different sowing periods]. *Naukovo-tekhnichnyi biuletyn Instytutu oliynykh kultur NAAN*. 33. 99–110. DOI: [10.36710/IOC-2022-33-10](https://doi.org/10.36710/IOC-2022-33-10) [in Ukrainian].
 9. Hernández-Ortega, H. A., Ferrera-Cerrato, R., López-Delgado, H. A., Sánchez-Rangel, J. C., & Alarcón, A. (2021). Estado nutricional, contenido de peróxido de hidrógeno, y actividad peroxidasa de plantas de *Melilotus albus* inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y crecidas en sustrato contaminado con diésel. *Scientia Fungorum*, 51, 1298. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1298>
 10. Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., Drobit, O. S., & Vlashchuk, O. A. (2019). Nasinnieva produktyvnist sortiv burkunu biloho odnorichnoho na pivdni Ukrainy [Seed productivity of white sweet clover varieties in the south of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya "Akhronomiia"*, 2(78). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.007> [in Ukrainian].
 11. Voloshchuk, O. P., Sluchak, O. M., & Rasputenko, A. O. (2018). Produktivnist ripaku ozymoho zalezno vid strokiv, sposobiv sivby ta norm vysivu nasinnia [Productivity of winter rapeseed depending on timing, methods of sowing and seed sowing rates]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 64. 44–55. [in Ukrainian].
 12. Zabarnyi, O. S. (2023). Vplyv norm vysivu na formuvannya produktyvnosti ahrotsenoziv ripaku ozymoho (*Brassica napus* L. Oleifera) [The influence of sowing rates on the formation of productivity of agrocenoses of winter rapeseed (*Brassica napus* L. Oleifera)]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*. 3. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771> [in Ukrainian].
 13. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., & Opryshko, V. O. (2004). *Zahalne zemlerobstvo [General agriculture]*. Kyiv: Vyshcha osvita, 336 [in Ukrainian].
 14. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (irrigated agriculture)]*. Kherson: Hrin D.S., 448 [in Ukrainian].
- Дробіт О.С., Балабаш В.С. Вплив застосування біопрепаратів на структурні показники *Brassica napus* L.**
- Мета** статті – встановити динаміку формування елементів структури та насінневої продуктивності ріпаку озимого залежно від біопрепаратів та строків їх внесення в зрошуваних і неполиваних умовах Півдня України. **Методи та матеріали досліджень:** польовий, візуальний, математико-статистичний, розрахунково-порівняльний. **Результати.** Оптимальні умови для росту і розвитку рослин ріпаку озимого склалися за зрошення (фактор А), коли середня врожайність насіння дорівнювала 2,66 т/га (НІР₀₅А – 0,09 т/га). За фактором В (біопрепарат) найвищий урожай насіння – 2,29 т/га посіви культури сформували за внесення Планриз БТ (НІР₀₅В – 0,02 т/га). Оптимальні умови для росту і розвитку рослин *Brassica napus* L. склалися за триразового внесення препаратів (фактор С), коли середня врожайність насіння склала 2,22 т/га (НІР₀₅С – 0,03 т/га). В середньому за 2024–2026 рр. найкращі елементи структури врожаю отримали за використання зрошення та внесення біопрепарату Планриз в фази утворення розетки, стеблуння та бутонізації. При цьому густота рослин перед збиранням склала 52,1 шт./м², кількість стручків на рослині – 181,2 шт., кількість насінин у стручку – 23,2 шт., масу 1000 насінин – 4,40 г. На цьому ж варіанті отримали максимальну в насінневу продуктивність культури – 2,89 т/га.
- Висновки.** Результати досліджень, отримані завдяки польовим експериментам, які були закладені та проведені відповідно до загальноприйнятих методик для зрошуваних і незрошуваних умов. Визначені оптимальні параметри технології вирощування ріпаку озимого, що дозволили підвищити насінневу продуктивність та покращити елементи структури врожаю: густоту рослин перед збиранням, кількість стручків на рослині, кількість насінин у стручку, масу 1000 насінин.
- Ключові слова:** олійні культури, умови вологозабезпечення, біопрепарат, строк внесення, елементи структури, насіннева продуктивність.
- Drobit O.S., Balabash V.S. Effect of the application of biopreparations on the structural parameters of *Brassica napus* L.**
- The purpose** to determine the dynamics of structural element formation and seed productivity of winter rapeseed in relation to the use of biological preparations and their application timing under irrigated and non-irrigated conditions in southern Ukraine. **Research methods and materials.** Field, visual, mathematical-statistical, and computational-comparative methods were used. **Results.** Optimal conditions for the growth and development of winter rapeseed plants were achieved with irrigation (Factor A), resulting in an average seed yield of 2.66 t/ha (LSD₀₅A = 0.09 t/ha). Regarding Factor B (biological product), the highest seed yield – 2.29 t/ha – was obtained with the

application of Planriz BT ($LSD_{05}B = 0.02 \text{ t/ha}$). Optimal conditions for the growth and development of *Brassica napus* L. plants were observed with three applications of the products (Factor C), yielding an average of 2.22 t/ha ($LSD_{05}C = 0.03 \text{ t/ha}$). Averaged over the 2024–2026 period, the best yield structure components were obtained through the use of irrigation and the application of the biological product Planriz during the rosette formation, stem elongation, and budding stages. At the same time, the plant density before harvest was 52.1 plants/m², the number of pods per plant was 181.2, the number of seeds per pod was 23.2, and the 1000-seed weight was 4.40 g. This variant

also yielded the highest seed productivity – 2.89 t/ha.

Conclusions. The research results were obtained from field experiments established and conducted in accordance with standard methodologies for both irrigated and non-irrigated conditions. Optimal parameters for winter rapeseed cultivation technology were determined, enabling increased seed yield and improvements in yield structure components: plant density at harvest, number of pods per plant, number of seeds per pod, and 1000-seed weight.

Key words: oil crops, moisture supply conditions, biological product, application timing, structural components, seed productivity.

Дата першого надходження статті до видання: 13.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 631.879:631.95:633.12:633.11

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.9>

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МУЛОВИХ МАС СТИЧНИХ ВОД ПРИ ВИРОЩУВАННІ ГРЕЧКИ ТА ЇХ ПІСЛЯДІЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК ПШЕНИЦІ – ДВОРУЧКИ МИРОНІВЧАНКИ

Дубовий В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-8637-0023

Білоцерківський національний аграрний університет

Кліщенко С.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0009-0006-5956-8137

Білоцерківський національний аграрний університет

Холоденко І.В. – аспірант
orcid.org/0009-0001-4978-9079

Білоцерківський національний аграрний університет

Будак О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, асистент
orcid.org/0000-0001-9166-1557

Білоцерківський національний аграрний університет

Зеленець С.В. – асистент

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Сучасне землеробство функціонує в умовах зростаючого дефіциту традиційних органічних добрив, подорожчання мінеральних ресурсів та посилення вимог до екологічної безпеки аграрного виробництва. У цьому контексті перспективним напрямом є використання місцевих відновлюваних ресурсів для створення нетрадиційних органо-мінеральних добрив, здатних забезпечувати потреби рослин у поживних речовинах і водночас зменшувати антропогенне навантаження на агроєкосистеми. Одним із таких ресурсів є мулові маси стічних вод (ММСВ) – побічний продукт їх очищення, який містить значні обсяги органічної речовини, макро- та мікроелементів, а також фізіологічно активних сполук, потенційно корисних для рослинного організму.

Водночас, попри значний агрономічний потенціал ММСВ, питання оптимізації норм їх внесення під окремі культури залишається недостатньо вивченим. Більшість наявних досліджень зосереджена на зернових і технічних культурах, тоді як вплив органо-мінеральних добрив на основі мулових мас на ріст, розвиток і продуктивність гречки, з урахуванням сортових особливостей, висвітлений фрагментарно. Відсутність науково обґрунтованих рекомендацій щодо застосування ММСВ стримує їх широке впровадження у практику землеробства.

Відомо, що внесення гною великої рогатої худоби, як основного добрива, його ефективність проявляється не тільки в перший рік внесення, але і в наступні роки.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу різних норм внесення мулових мас стічних вод на формування продуктивності рослин гречки, що дозволить обґрунтувати доцільність використання цього виду добрив та сприятиме розвитку екологічно орієнтованих і ресурсозберігаючих технологій у сучасному

агровиробництві, а також дослідити післядію ММСВ при наступному вирощуванні пшениці – дворучки Миронівчанки на відповідній дослідній ділянці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обґрунтовуючи систему удобрення, слід враховувати гідротермічні умови, які впливають на ефективність добрив, сортові особливості, економічну спроможність господарства. Відмічається, що застосування мінеральних добрив у технологічному процесі вирощування гречки приводило до збільшення врожаю на 31,6–60,0% [5]. В умовах Західного Лісостепу України проводили дослідження щодо вивчення системи удобрення гречки. Внесення підвищених норм мінеральних добрив призвело до зниження врожаю [6]. Підвищення норми внесення N_{90} призвело до зниження урожаю гречки і ефективності її вирощування [7, 8]. Гідротермічні умови мали більший вплив на врожайність та елементи структури врожаю ніж норми внесення азоту [10]. Агрохімічна та фізіологічна роль мікроелементів, як відомо, також багатогранна. Наприклад, бор потрібний для розвитку меристем, завдяки йому оптимізується синтез та транспорт вуглеводів. Він бере участь у процесах поділу клітин та синтезі білків [11].

Провівши аналіз наукових праць, можна стверджувати, що переважна більшість як вітчизняних, так і зарубіжних вчених підтверджують тезу про потребу застосування мінеральних добрив під гречку. Дискусійними питаннями є норми внесення та співвідношення між макроелементами. Доцільним є дослідження біодобрив на основі мулових мас стічних вод очисних споруд на продуктивність рослин [11].

Необхідно звертати увагу на кількість і співвідношення мінеральних елементів, доступних рослині під час росту. Мулові маси можуть не повністю забезпечувати



рослини калієм і фосфором. Рекомендується застосовувати їх для зернових і технічних культур, які мають триваліший вегетаційний період [12].

Незважаючи на численні переваги мулових мас стічних вод щодо підвищення хімічних характеристик ґрунту, агроморфологічних показників і врожайності різних культур, необхідний належний контроль вмісту важких металів у всіх формах (мулових масах, ґрунті, зерновій продукції) [13]. Щоб уникнути забруднення сільськогосподарських ґрунтів, використання мулових мас стічних вод і біодобрив у таких умовах вимагає належного контролю. ММСВ переважно відповідають біодобривам, великі обсяги їх утворюються у всьому світі [14].

Комплексне застосування органічних добрив, яке передбачає внесення рослинних решток попередника, біодобрив та використання сидератів забезпечило максимальну врожайність гречки (1,72 т/га), що на 60,7 % більше, ніж на контролі [15]. Таким чином стає очевидним, що за недостатньої кількості органічних добрив актуальним є вирішення проблеми використання альтернативних видів добрив – мулових мас стічних вод. Відомо, що дія органічних добрив має властивість впливати позитивно на родючість ґрунту в наступні після внесення роки. В зв'язку із цим актуальним є питання вивчення пролонгованої дії ММСВ на продуктивність рослин при подальшому їх вирощуванні на цих ділянках. Саме підходи до вирішення цієї проблеми стали метою наших досліджень.

Мета статті. Науково обґрунтувати доцільність і ефективність застосування мулових мас стічних вод як альтернативного органо-мінерального добрива в умовах дефіциту традиційних органічних добрив при вирощуванні гречки і їх післядії при вирощуванні пшениці – дворучки Миронівчанки на визначеній дослідній ділянці, згідно внесених норм ММСВ по кожному варіанті.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили на дослідному полі кафедри загальної екології та екоترفології Білоцерківського національного аграрного університету в 2024–2025 рр. у дрібноділяночному польовому досліді. Вивчали чотири варіанти удобрення з розрахунку на 1 га:

- варіант 1 – контроль (без добрив);
- варіант 2 – внесення ММСВ у нормі 15 т/га;
- варіант 3 – 30 т/га;
- варіант 4 – 60 т/га.

Посів гречки проводили вручну у третій декаді квітня 2024 року на глибину 3–4 см із розрахунку 60–80 насінин на погонний метр. Площа облікової ділянки – 2 м², ширина міжрядь – 25 см. Відстань між варіантами становила 1 м. Дослід закладали у триразовій повторності. Внесення ММСВ здійснювали під час сівби у сухому стані в кількості 3, 6 та 12 кг на ділянку відповідно до схем.

У дослідях вивчали два сорти гречки: Воля створений у товаристві з обмеженою відповідальністю науково-виробничому малому підприємстві «Антарія» (м. Київ) (внесений до Реєстру сортів рослин України у 2015 р., середньостиглий, посухостійкий, стійкий до хвороб) та Володар створений у Подільському державному аграрно-технічному університеті (внесений до

Реєстру сортів рослин України у 2020 р., високоврожайний, адаптивний до ґрунтово-кліматичних умов).

Після збору гречки у вересні 2024 року провели фрезерування ґрунту на глибину 10–12 см із збереженням меж варіантів. Посів пшениці-дворучки сорту Миронівчанка провели 10 жовтня 2024 року вручну (довжина рядка 2 м, 75–80 насінин на погонний метр, глибина 3–4 см) з наступним прикочуванням.

Агрометеорологічні показники отримували з Білоцерківської метеостанції (7 км від поля). Статистичну обробку здійснювали методом дисперсійного аналізу [16].

Результати досліджень. Перед закладанням вегетаційного досліду було проведено комплексний агрохімічний аналіз ґрунту та ММСВ у сертифікованій лабораторії кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету. Характеристика погодних умов зовнішнього середовища при вирощуванні гречки за різних норм внесення мулових мас стічних вод і її продуктивність в 2024 році представлена нами раніше [17].

Після збору врожаю гречки у вересні 2024 року провели фрезерування ґрунту на глибину 10–12 см, зберігши границі варіантів дослідної ділянки, де вирощували рослини гречки. Посів пшениці – дворучки провели 10 жовтня в ручну. Довжина рядка 2 м. Висівали 75–80 насінин на погонний метр на глибину 3–4 см. Після посіву провели прикочування.

Метеоумови осінньо-зимового та весняно-літнього періодів вирощування пшениці-дворучки наведені в таблицях 1, 2 та 3. Умови для перезимівлі культури були сприятливими, мінімальна температура на вузлі кушіння становила –9,5°C (у лютому).

Опади у вересні становили 33,4 мм, що значно менше багаторічного показника (таблиця 1). Середня температура жовтня становила 8,3°C при максимальній 14,9°C і мінімальній мінус 0,1°C (таблиця 2). Тривалість сонячного саява місяця становила 58,7 годин. В листопаді середня добова температура повітря становила 2,3°C при максимальній її 13,5°C і мінімальній мінус 8,6°C. Температура поверхні ґрунту становила від 13,0°C до мінус 9,0°C. Мінімальна температура на вузлі кушіння була мінус 0,9°C. Кількість опадів за місяць становила 36,1 мм. Тривалість сонячного саява становила 80,7 годин. В зимовий період середня добова температура була в межах від 1,9°C в січні до мінус 2,0°C в лютому. Інтервал максимальних температур повітря знаходився в межах від 6,1°C в лютому до 9,9°C в січні, а мінімальних від мінус 6,9°C в січні до мінус 7,9°C в лютому. Мінімальна температура на вузлі кушіння становила мінус 9,5°C в лютому. Кількість опадів за осінньо-зимовий період становила 190,9 мм, тоді як за багаторічними даними цей показник становив 234,0 мм. Порівняно детальний аналіз погодних умов зимового періоду свідчить про сприятливі умови для перезимівлі пшениці – дворучки Миронівчанки.

Весняно-літні погодні умови 2025 року в цілому були сприятливими для росту і розвитку рослин пшениці. Так в березні середня температура повітря становила 6,6°C, тоді як інтервал між максимальною і мінімальною

Таблиця 1

Характеристика опадів і кількості годин сонячного сяйва при вирощуванні рослин пшениці в осінньо-зимовий період 2024–25 р.

Місяці	Опади, мм			$\bar{X}^*$	Тривалість сонячного сяйва, годин
	день	ніч	доба		
Вересень	7,5	25,9	33,4	54,0	253,1
Жовтень	35,0	45,4	80,4	38,0	58,7
Листопад	13,9	22,2	36,1	40,0	80,7
Грудень	4,9	15,1	20,0	40,0	0,0
Січень	10,2	8,3	18,5	31,0	24,2
Лютий	0,1	2,4	2,5	31,0	9,0
Сума опадів в осінньо-зимовий період			190,9	234,0	

* Середні багаторічні дані за добу.

Таблиця 2

Характеристика опадів і кількості годин сонячного сяйва при вирощуванні рослин пшениці – дворучки в весняно-літній період 2025 р.

Місяці	Опади, мм			$\bar{X}^*$	Тривалість сонячного сяйва, годин
	день	ніч	доба		
Березень	19,5	6,8	26,3	33,0	163,1
Квітень	8,9	18,0	26,9	41,0	257,0
Травень	39,8	46,8	86,6	53,0	196,9
Червень	11,7	18,1	29,8	66,0	303,2
Липень	68,4	28,2	96,6	73,0	297,0
Серпень	3,6	17,9	21,5	50,0	343,8
Сума опадів за період вегетації			287,7	316,0	

* Середні багаторічні дані за добу.

Таблиця 3

Характеристика температурних умов зовнішнього середовища осінньо-зимового періодів при вирощуванні рослин пшениці – дворучки Миронівчанки, 2025 р, °C

Місяць	Температура повітря, °C				Температура поверхні ґрунту, °C		мінім. вузол кущіння, °C
	середня багаторічна	середня	максимальна	мінімальна	максимальна	мінімальна	
Вересень	14,4	16,1	31,8	-0,2	50,5	0,5	
Жовтень	8,3	8,3	14,9	-0,1	21,2	0,4	
Листопад	2,6	2,3	13,5	-8,6	13,0	-9,0	-0,9
Грудень	-2,0	-0,1	7,2	-10,4	6,5	-10,7	-1,8
Січень	-3,5	1,9	9,9	-6,9	9,6	-5,7	-2,9
Лютий	-2,6	-2,0	6,1	-7,9	6,1	-4,5	-5,0

Таблиця 4

Характеристика температурних умов зовнішнього середовища весняно-літнього періодів при вирощуванні рослин пшениці – дворучки Миронівчанки, 2025 р, °C

Місяць	Температура повітря, °C				Температура поверхні ґрунту, °C	
	середня багаторічна	середня	максимальна	мінімальна	максимальна	мінімальна
Березень	2,1	6,6	20,5	-4,3	34,7	-5,1
Квітень	9,6	10,4	27,6	-4,5	54,7	-4,7
Травень	15,4	13,0	28,0	0,9	49,3	0,4
Червень	18,8	18,8	31,7	7,2	56,2	8,4
Липень	20,5	21,4	33,7	11,3	64,3	10,4
Серпень	19,7	19,0	32,8	6,8	56,2	7,0
Вересень	14,4	16,1	31,8	-0,2	50,5	0,5

Таблиця 5

Структурний аналіз урожаю рослин пшениці – дворучки Миронівчанки вирощеної за післядії мулових мас стічних вод при вирощуванні гречки, 2025

№ п/п	Варіанти	Прод. Кушт., шт..	Висота рослин, см	К-сть зерен в колосі, шт.	Маса зерен колоса, г	Маса 1000 зерен, г
1	контроль	1,8	100,5	28,6	1,08	37,7
2	15 т/га	1,9	102,4	29,4	1,10	37,4
3	30 т/га	1,9	106,8	30,2	1,15	38,3
4	60 т/га	2,0	110,1	34,6	1,21	35,0
НІР ₀₅			6,1	2,8	0,09	3,5

температурою повітря становив від 20,5°C до мінус 4,3°C, а на поверхні ґрунту відповідно 34,7 і мінус 5,1°C (таблиця 3).

В квітні середня добова температура повітря становила 10,4°C, тоді як максимальна була 27,6°C, а мінімальна мінус 4,5°C. Максимальна температура поверхні ґрунту була 54,7°C і мінімальна мінус 4,7°C.

Березень і квітень характеризувалися за середнім рівнем забезпечення вологою. Відповідно 26,3 мм і 26,9 мм. Кількість годин сонячного сяйва було 163,1 в березні і 257,0 годин в квітні (таблиця 4).

Середня добова температура повітря травня становила 13,0, тоді як інтервал максимальної і мінімальної становив від 28,0°C до 0,9°C, тоді як поверхня ґрунту прогрівалася до 49,3°C. Кількість опадів становило 86,6 мм, при тривалості сонячного сяйва 196,9 годин.

Літні місяці характеризувалися середньою добою температурою повітря від 18,8°C в червні до 21,4 в липні, при максимальній відповідно 31,7°C і 33,7°C, а мінімальних 7,2°C і 11,8°C (табл. 4). Температура поверхні ґрунту від 56,2°C в червні до 64,3°C в липні.

За кількістю опадів ці місяці різнилися, від 29,8 мм в червні до 96,6 мм в липні. Слід відмітити що грозові опади липня спонукали рослин до вилягання особливо у варіанті де внесено було під гречку ММСВ в кількості 60 т/га. За кількістю годин сонячного сяйва суттєвої різниці не було і становила від 297,0 годин в липні до 303,2 годин в червні. Сума опадів за весняно-літній періоди становили 287,7 мм, тоді як сума опадів за цей період згідно багаторічних даних становив 316,0 мм.

Детальний аналіз погодних умов сприяв охарактеризувати особливості росту і розвитку рослин та їх вплив на продуктивність. Структурний аналіз урожаю рослин пшениці-дворучки наведено в таблиці 5.

Як видно із даних таблиці 9, що рослини по висоті суттєво відрізняються залежно від різних норм внесення ММСВ. Так за внесення 30 і 60 т/га їх висота достовірно вища від контролю відповідно 6,3 і 9,6 см.

По продуктивності колоса, як по кількості зерен і по їх масі, достовірно вища за внесення 60 т/га ММСВ. Що до виповненості зерна, їх маси 1000 зерен, то слід відмітити зменшення виповненості зерна у варіанті за внесення 60 т/га ММСВ. Вважаємо що вилягання рослин в фазі формування зерна вплинуло на його.

Таким чином відмічаємо велику агрономічну значимість ММСВ, дія яких на родючість ґрунту проявляється не тільки внесенням їх в перший рік при вирощуванні

гречки, а і їх післядія при наступному висіві пшениці-дворучки Миронівчанки.

Висновки. Встановлено істотний вплив ММСВ після вирощування гречки в їх післядії на показники росту, розвитку та формування продуктивності рослин пшениці – дворучки.

Показана достовірна прибавка продуктивності рослин пшениці – дворучки після вирощування їх у варіантах де вносили 30 і 60 т/га ММСВ під гречку.

Відмічається, що вирощування пшениці – дворучки у варіанті де вносили 60 т/га ММСВ рослини вилягали, що спричинило зменшення маси 1000 зерен.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур. Львів, 2021. 280 с.
2. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівоzmінах: наук. вид. Київ : Аграрна наука, 2015. 207 с.
3. Савенко І. М., Шевченко Л. П. Вплив мулових добрив на фізико-хімічні показники чорноземів. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 45–50.
4. Грищенко Р. Є. Фотосинтетична продуктивність посівів гречки в північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 1. С. 57–62.
5. Дикий О. М. Теоретичні основи мінерального живлення гречки, *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (2). С. 95–107.
6. Пархучь Б. І. Вплив рівня мінерального удобрення на продуктивність гречки в умовах Західного Лісостепу України. *Вісник ЛНАУ: Агрономія*. 2018. № 22 (2). С. 137–140.
7. Ткаліч І. Д., Ткаліч Ю. В. Особливості вирощування гречки в післяукісних посівах. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 68–76. DOI: 10.31867/2523-4544/0062
8. Xiaomei F. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf photosynthetic characteristics, agronomic traits and grain yield in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) *Field Crops Research*. 2018. Vol. 219, P. 160–168. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429017318476> (last accessed: 03.08.2021).
9. Wang Y. Influence of foliar feeding of boric fertilizers on nutrients of rhizosphere soil, plant growth and yield of wine buckwheat. *Journal of Southern Agriculture*. 2018. Vol. 49. P. 253–257.
10. Podolska G. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i cechy struktury plonu gryki odmiany Kora. *Polish*

- Journal of Agronomy*. 2011. No 6. P. 38–43. URL: https://www.iung.pl/PJA/wydane/6/PJA6_6 (last accessed: 04.08.2021)
11. Оліфір Ю.М., Багай Т.І., Борисюк В.С., Іванюк В.Я. Вплив рівня мінерального удобрення та позакореневого підживлення на урожайність бобів кормових в умовах Західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 117–127.
 12. Пиляк Н.В., Крутякова В.І., Дишлюк В.Є. Еколого-мікробіологічна характеристика нових біодобрив на основі осадів стічних вод очисних споруд м. Одеса. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 86–95
 13. Muter O., Dubova L., Kassien O., Cakane J., Alsina I. Application of the Sewage Sludge in Agriculture: Soil Fertility, Technoeconomic, and Life-Cycle Assessment. *IntechOpen*. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.104264
 14. Bedwal S., Kuldeep, Kumar S., Singh C. Impact of sewage sludge on crop growth, soil quality and nutrient dynamics in system-based approach. *The Pharma Innovation Journal*. 2022. SP-11(3). P. 1399–1406.
 15. Мартинюк І.В., Цимбал Я.С., Савченко С.Д., Савченко Є.Д. Ефективність вирощування круп'яних культур у короткоротаційних органічних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 11 (860). С. 5–10.
 16. Мазур В. А., Липовий В. Г., Мордванюк М. О. Методика наукових досліджень в агрономії. Вінниця : ВЦ ТОВ «ТВОРИ». 2020. 204 с.
 17. Дубовий В.І., Холоденко І.В, Мулові маси стічних вод як альтернатива органо-мінеральним добривам при вирощуванні гречки. *Аграрні інновації*. 2025 № 34. С. 60–66.
 7. Tkalic, I.D., Tkalic, Yu.V. (2019). Osoblyvosti vyroshchuvannya hrechky v pisliaukisnykh posivakh [Features of buckwheat cultivation in post-harvest sowings]. *Zernovi kultury*, 3(1), 68–76. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0062> [in Ukrainian].
 8. Xiaomei, F. (2018). Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf photosynthetic characteristics, agronomic traits and grain yield in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.). *Field Crops Research*, 219, 160. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429017318476> [in English].
 9. Wang, Y. (2018). Influence of foliar feeding of boric fertilizers on nutrients of rhizosphere soil, plant growth and yield of wine buckwheat. *Journal of Southern Agriculture*, 49, 253–257. [in English].
 10. Podolska, G. (2011). Wplyw nawozenia azotem na plonowanie i cechy struktury plonu gryki odmiany Kora [The effect of nitrogen fertilization on the yield and structural characteristics of buckwheat of the Kora variety]. *Polish Journal of Agronomy*, 6, 38–43. URL: https://www.iung.pl/PJA/wydane/6/PJA6_6 [in Polish].
 11. Olifir Yu.M., Bahai T.I., Borysiuk V.S., Ivaniuk V.Ia. (2018). Vplyv rivnia mineralnogo udobrennia ta pozakorenovego pidzhyvlennia na urozhainist bobiv kormovykh v umovakh Zakhidnogo Lisostepu Ukrainy [The effect of mineral fertilization and foliar feeding on the yield of fodder beans in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 63, 117–127. [in Ukrainian].
 12. Pyliak, N.V., Krutiakova, V.I., Dyshliuk, V.Ye. (2020). Ekologo-mikrobiologichna kharakterystyka novykh biodobryv na osnovi osadiv stichnykh vod ochysnykh sporud m. Odesa [Ecological and microbiological characteristics of new biofertilizers based on sewage sludge from wastewater treatment plants of Odesa]. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 3, 86–95. [in Ukrainian].
 13. Muter, O., Dubova, L., Kassien, O., Cakane, J., Alsina, I. (2022). Application of the sewage sludge in agriculture: soil fertility, technoeconomic, and life-cycle assessment. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104264> [in English].
 14. Bedwal, S., Kuldeep, Kumar, S., Singh, C. (2022). Impact of sewage sludge on crop growth, soil quality and nutrient dynamics in system-based approach. *The Pharma Innovation Journal*, SP-11(3), 1399–1406. [in English].
 15. Martyniuk, I.V., Tsymbal, Ya.S., Savchenko, S.D., Savchenko, Ye.D. (2024). Efektyvnist vyroshchuvannya krupianykh kultur u kortkorotatsiynykh orhanichnykh sivozminakh Livoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Efficiency of cereal crop cultivation in short-rotation organic crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk aharnoi nauky*, 11(860), 5–10. [in Ukrainian].
 16. Mazur, V.A., Lypovy, V.H., Mordvaniuk, M.O. (2020). Metodyka naukovykh doslidzen v ahronomii [Methodology of scientific research in agronomy]. Vinnytsia: VTs TOV "TVORY", 204 p. [in Ukrainian].
 17. Dubovyi, V. I., & Kholodenko, I. V. (2025). Mulovi masy stichnykh vod yak alternatyva orhano-mineralnym dobryvam pry vyroshchuvanni hrechky [Sewage sludge as an alternative to organo-mineral fertilizers in buckwheat cultivation]. *Ahrarni innovatsii (Agrarian Innovations)*, 34, 60–66. [in Ukrainian].

REFERENCES:

1. Lykhochvor, V.V., Petrychenko, V.F. (2021). Fiziologichna rol elementiv zhyvlennia ta systemy udobrennia polovykh kultur [Physiological role of nutrients and fertilization systems of field crops]. Lviv, 280 p. [in Ukrainian].
2. Zaryshniak, A.S., Tsvei, Ya.P., Ivanina, V.V. (2015). Optymizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh: nauk. vyd. [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations: scientific publication]. Kyiv: Ahrarna nauka, 207 p. [in Ukrainian].
3. Savenko, I.M., Shevchenko, L.P. (2020). Vplyv mulovykh dobrov na fizyko-khimichni pokaznyky chornozemiv [Influence of sewage sludge fertilizers on physicochemical properties of chernozem soils]. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 3, 45–50. [in Ukrainian].
4. Hryshchenko, R. Ye. (2015). Fotosyntetychna produktyvnist posviv hrechky v pivnichnomu Lisostepu [Photosynthetic productivity of buckwheat crops in the northern Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN"*, 1, 57–62. [in Ukrainian].
5. Dykyi, O.M. (2021). Teoretychni osnovy mineralnogo zhyvlennia hrechky [Theoretical foundations of mineral nutrition of buckwheat]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 70(2), 95–107. [in Ukrainian].
6. Parkhuts, B.I. (2018). Vplyv rivnia mineralnogo udobrennia na produktyvnist hrechky v umovakh Zakhidnogo Lisostepu Ukrainy [Influence of mineral fertilization level on buckwheat productivity in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk LNAU: Ahronomiia*, 22(2), 137–140. [in Ukrainian].

Дубовий В.І., Кліщенко С.В., Холоденко І.В., Будак О.О., Зеленець С.В. Агроекологічні особливості використання мулових мас стічних вод при вирощуванні гречки та їх післядія на ріст і розвиток пшениці – дворучки Миронівчанки

Мета. Обґрунтувати агроекологічну доцільність та ефективність застосування різних норм мулових мас стічних вод (ММСВ) як нетрадиційного органіно-мінерального добрива при вирощуванні сортів гречки, а також оцінити їх пролонговану післядію на біометричні показники та структуру врожаю наступної культури в сівозміні – пшениці – дворучки сорту Миронівчанка.

Методи. Дослідження проводили протягом 2024–2025 рр. у дрібноділяночному польовому експерименті (триразова повторність). Схема досліду включала чотири варіанти норм внесення сухого залишку ММСВ (контроль, 15, 30 та 60 т/га) під два сорти гречки (Воля, Володар). Після збирання гречки здійснювали поверхневий обробіток ґрунту (фрезерування на 10–12 см) та висівали пшеницю-дворучку. Застосовували лабораторно-агрохімічні, фенологічні, біометричні та математично-статистичні (дисперсійний аналіз) методи.

Результати. Хімічний аналіз підтвердив високий агрохімічний потенціал ММСВ: вміст мінерального азоту перевищував показники ґрунту у 4 рази, рухомого фосфору – в 10 разів, обмінного калію – у 5 разів при екологічно безпечних концентраціях важких металів. Внесення ММСВ активізувало ростові процеси обох сортів гречки. Максимальну врожайність зерна (1,8–1,9 т/га) отримано за норми 30 т/га. Збільшення дози до 60 т/га стимулювало надмірний розвиток вегетативної маси, спричиняло вилягання посівів і знижувало збір зерна. У 2025 р. зафіксовано суттєву післядію ММСВ на пшеницю-дворучку: варіанти 30 та 60 т/га забезпечили достовірне збільшення висоти рослин на 6,3–9,6 см та кількості зерен у колосі, проте варіант 60 т/га призвів до вилягання пшениці у фазі наливу та зниження маси 1000 зерен до 35,0 г.

Висновки. Мулові маси стічних вод є ефективним довгодіючим органіно-мінеральним добривом. Оптимальною та агроекологічно обґрунтованою нормою їх внесення є 30 т/га, яка забезпечує стабільну врожайність гречки та позитивно впливає на формування елементів продуктивності пшениці-дворучки у післядії.

Ключові слова: *Fagopyrum esculentum*, *Triticum*, органіно-мінеральні добрива, післядія добрив, структура врожаю, вилягання посівів, Лісостеп.

Dubovyi V.I., Klishchenko S.V., Kholodenko I.V., Budak O.O., Zelenets S.V. Agroecological features of sewage sludge application in buckwheat cultivation and its residual effect on the growth and development of the facultative wheat variety 'Myronivchanka'

Objective. To substantiate the agroecological expediency and efficiency of applying various rates of sewage sludge (SS) as an unconventional organic-mineral fertilizer for buckwheat cultivation, and to evaluate its prolonged residual effect on the biometric parameters and yield structure of the subsequent crop in rotation – the facultative wheat variety 'Myronivchanka'.

Methods. The research was conducted during 2024–2025 in a small-plot field experiment (threefold replication). The experimental design included four variants of dry matter SS application rates (control, 15, 30, and 60 t/ha) applied to two buckwheat varieties ('Volia' and 'Volodar'). After harvesting the buckwheat, surface tillage (rotary tilling to 10–12 cm) was performed, and facultative wheat was sown. Laboratory-agrochemical, phenological, biometric, and mathematical-statistical (analysis of variance, ANOVA) methods were applied.

Results. Chemical analysis confirmed the high agrochemical potential of SS: the content of mineral nitrogen exceeded soil indicators by 4 times, available phosphorus by 10 times, and exchangeable potassium by 5 times, while maintaining ecologically safe concentrations of heavy metals. The application of SS enhanced the growth processes of both buckwheat varieties. The maximum grain yield (1.8–1.9 t/ha) was obtained at an application rate of 30 t/ha. Increasing the dose to 60 t/ha stimulated excessive vegetative growth, causing crop lodging and a subsequent reduction in grain yield. In 2025, a significant residual effect of SS on facultative wheat was observed: the 30 and 60 t/ha variants provided a significant increase in plant height by 6.3–9.6 cm and the number of grains per spike. However, the 60 t/ha variant led to wheat lodging during the grain-filling stage and a decrease in the 1000 grain weight to 35.0 g.

Conclusions. Sewage sludge is an effective, long-acting organic-mineral fertilizer. The optimal and agroecologically justified application rate is 30 t/ha, which ensures stable buckwheat yields and positively influences the formation of productivity components in facultative wheat as a residual effect.

Key words: *Fagopyrum esculentum*, *Triticum*, organic-mineral fertilizers, residual effect of fertilizers, yield structure, crop lodging, Forest-Steppe.

Дата першого надходження статті до видання: 14.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ВИРОЩУВАННЯ НІШЕВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ РОСЛИННИЦТВА**ДУТЧАК О.В.** – аспірантка; науковий співробітникorcid.org/0009-0000-0872-6488Карпатський національний університет імені Василя Стефаника;
Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН

Постановка проблеми. Сучасне рослинництво перебуває під тиском кількох взаємопов'язаних викликів: зниження родючості ґрунтів внаслідок тривалого хімічного навантаження, зростання вимог міжнародних ринків до екологічної безпечності продовольства та необхідність диверсифікації структури посівних площ. В Україні, де традиційні культури (пшениця, кукурудза, соняшник) щорічно займають до 80–90% ріплі [1], монокультурне виробництво загострює проблему деградації агроландшафтів, порушення сівозмін та зменшення біорізноманіття агроценозів. Водночас зростає інтерес до нішевих культур, зокрема гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench), проса (*Panicum miliaceum* L.) та вівса (*Avena sativa* L.), які мають високу поживну цінність, агроекологічну пластичність і здатність формувати стабільну урожайність за мінімального хімічного навантаження [2].

Екологізація рослинництва, заснована на застосуванні органічних добрив, біопрепаратів та бактеріальних інокулянтів, пропонує системний підхід до розв'язання цих проблем. Закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» (2018 р.) створив нормативне підґрунтя для переходу до екологічно безпечного агровиробництва. Проте площі сертифікованих органічних угідь в Україні скоротилися з 471,2 тис. га у 2023 р. до 349,3 тис. га у 2024 р. (зменшення на 26%), що пов'язано з воєнними діями, логістичними обмеженнями та недостатньою державною підтримкою [3]. За цих обставин питання інтеграції нішевих культур у системи екологічно орієнтованого землеробства набуває стратегічного значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика вирощування нішевих зернових культур в умовах екологізації рослинництва досліджується як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями. А.М. Ліщук, А.І. Парфенюк, Н.В. Карачинська та Ю.В. Терновий дослідили екологічні ризики пестицидного навантаження в агроценозах попередників круп'яних культур (гречки та вівса) і встановили, що правильний підбір попередників у сівозміні суттєво зменшує фітотоксичне навантаження на ґрунт [4]. Комплексний аналіз еколого-економічних аспектів вирощування нішевих культур, виконаний на основі даних агропідприємств України, засвідчив, що диверсифікація посівних площ за рахунок гречки, вівса, жита, гороху та інших нішевих культур підвищує рентабельність

виробництва, поліпшує фітосанітарний стан ґрунтів і сприяє збереженню агробіорізноманіття [5].

У міжнародному контексті ґрунтовний огляд Y. Vieites-Álvarez, M. J. Reigosa та A. M. Sánchez-Moreiras (2024) узагальнив десятирічний досвід вивчення гречки в системах органічного землеробства та агроекології, підкресливши її здатність контролювати бур'яни через алелопатію, покращувати структуру ґрунту та формувати врожай без застосування синтетичних пестицидів [6]. Дослідження L. Gazza та F. Nocente (2023) продемонструвало, що малопоширені зернові культури (просо, овес, спельта) здатні забезпечити сталі раціони харчування та підтримати агропродовольче біорізноманіття за умов мінімізації зовнішніх хімічних ресурсів [7]. V. Krishnan (2024) у редакційному огляді серії досліджень щодо проса акцентував, що застосування органічних добрив (компост, зелені добрива) значно покращує структуру ґрунту, водоутримання та забезпеченість поживними речовинами під цю культуру [8].

Питання ефективності бактеріальних препаратів у землеробстві вивчалися у працях, присвячених дії азотобактерину, ризобіофіту та інших мікробних інокулянтів на зернові та зернобобові культури. Середній приріст урожаю від застосування азотобактерину оцінюється на рівні 10%, а бактеризація насіння ризогуміном та ризобіофітом забезпечує зростання урожайності зерна на 7–14% [9]. Водночас комплексного оглядового дослідження, яке б системно розглядало вирощування саме нішевих круп'яних культур (гречки, проса, вівса) в умовах екологізації рослинництва з використанням органічних добрив і біопрепаратів в Україні, дотепер не здійснювалося, що зумовлює доцільність цієї роботи.

Мета статті полягає в систематизації та узагальненні наукових даних щодо особливостей вирощування нішевих круп'яних культур (гречки, проса, вівса) в умовах екологізації рослинництва, зокрема із застосуванням органічних добрив, біопрепаратів та бактеріальних інокулянтів, а також у визначенні перспективних напрямів підвищення їх урожайності та якості продукції в системах органічного й екологічно орієнтованого землеробства в Україні.

Результати досліджень. Нішеві культури у вітчизняній аграрній практиці визначаються як сільськогосподарські рослини, що займають порівняно невеликі посівні площі, проте мають специфічну ринкову нішу та високий експортний потенціал. На відміну від масових



культур (пшениця, кукурудза, соняшник), які щорічно засіваються на переважній частині ріллі України, нішеві зернові (гречка, просо, овес, жито) формують диверсифіковану частину структури посівних площ, важливу для підтримання агроекологічної рівноваги [5].

За даними Державної служби статистики України, у 2025 р. валовий збір зернових і зернобобових культур становив 61,04 млн т, зібрана площа зросла на 4,4% (до 11,62 млн га), а врожайність збільшилася на 3,6% порівняно з попереднім сезоном [10]. Водночас виробництво нішевих зернових зазнало суттєвого скорочення: валовий збір гречки зменшився до 70,8 тис. т (на 37,7%), проса – до 59,3 тис. т (у 2,6 разу), вівса – до 388,8 тис. т (на 14,9%) [10]. Ці дані свідчать про вразливість нішевих культур до комплексу негативних факторів (кліматичних, економічних, воєнних), що додатково підкреслює необхідність розробки та впровадження екологічно орієнтованих технологій їх вирощування.

Динаміку посівних площ нішевих зернових культур в Україні подано в табл. 1.

Таблиця 1

Посівні площі нішевих зернових культур в Україні, тис. га

Культура	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25	2025/26
Гречка	89,5	121,3	147,6	89,1	86,8
Просо	82,9	50,9	89,1	92,6	85,5
Овес	180,2	165,7	158,4	151,3	142,0*

Джерело: складено автором на основі [10; 11]

** – попередня оцінка.*

Як видно з табл. 1, посівні площі гречки та проса характеризуються нестабільністю і зазнають значних коливань залежно від ринкової кон'юнктури, агрокліматичних умов та конкурентоспроможності порівняно з традиційними культурами. Площі під вівсом демонструють стійку тенденцію до скорочення. Науковці ННЦ «Інститут аграрної економіки» наголошують, що в умовах прогнозованого зниження маржинальності рослинництва на найближчі два-три роки фермерам доцільно звертати увагу саме на нішеві культури як інструмент диверсифікації та зниження ризиків [1].

Гречка є однією з найважливіших нішевих круп'яних культур для внутрішнього ринку України та експорту. Вона належить до родини Гречкових (*Polygonaceae*), відрізняється коротким вегетаційним періодом (60–85 діб), невибагливістю до попередників і здатністю формувати урожай на ґрунтах середньої родючості. Харчова цінність гречки визначається високим вмістом повноцінного білка (12–15%), незамінних амінокислот (лізин, треонін), рутину, органічних кислот та мінеральних речовин [6]. Ці якості роблять гречку стратегічною культурою для виробництва функціональних і дієтичних продуктів харчування.

В умовах екологізації рослинництва вирощування гречки має низку переваг. Культура чутлива до хлорвмісних добрив, тому перехід на органічні системи удобрення є для неї не лише екологічно обґрунтованим, а й агрономічно доцільним. Органічні добрива доцільно вносити під попередники, оскільки безпосереднє їх

внесення під гречку може спровокувати надмірний вегетативний ріст на шкоду зерновій продуктивності [12]. Застосування комплексів мікроелементів у хелатній формі для позакореневого підживлення перед цвітінням позитивно впливає на формування генеративних органів і зав'язуваність плодів [13]. Розміщення гречки після удобрених попередників може збільшити урожайність на 50–60%, доводячи її до 20–25 ц/га [12].

Окремий інтерес для екологізації виробництва гречки становить використання алелопатичних властивостей культури. Гречка здатна пригнічувати розвиток бур'янів через виділення кореневих ексудатів, що зменшує потребу в гербіцидах. Крім того, вона використовується як сидеральна культура у сівозмінах для поліпшення фітосанітарного стану ґрунту [6]. В органічних господарствах України гречка входить до типових сівозмін разом із соєю, соняшником, кукурудзою, квасолею та спельтою [14].

Просо посівне належить до родини Тонконогових (*Poaceae*) і характеризується високою посухостійкістю, що робить його стратегічною культурою для степових і лісостепових регіонів України в умовах кліматичних змін. На 1 ц зерна просо виносить з ґрунту 3,3 кг азоту, 1,5 кг фосфору, 3,4 кг калію та 1,2 кг кальцію, що свідчить про значну потребу в калійному та азотному живленні [15]. У традиційних технологіях просо удобрюють переважно мінеральними добривами, а органічні вносять під попередники. Рекомендовані дози фосфорно-калійних добрив під основний обробіток становлять: на Поліссі 60–70 кг/га, у Лісостепу 40–60 кг/га фосфору і калію, у Степу 40–50 кг/га фосфору і 30–40 кг/га калію [15].

В умовах органічного виробництва забезпечення поживними речовинами проса реалізується через сівозмінні ефекти, застосування компостів, сидератів та мікробних препаратів. Просо часто використовується як страхова культура для пересіву загублених озимих і як поживна культура на зелений корм. У районах із тривалим вегетаційним періодом воно здатне дозрівати в другій половині літа на зерно. Агроекологічна цінність проса полягає також у його здатності провокувати проростання насіння вовчка (*Orobancha spp.*) без ураження ним, що робить просо ефективною культурою-пасткою після соняшника у сівозміні [15].

Харчова цінність проса зумовлена його безглютеновістю, високим вмістом клітковини, вітамінів групи В, заліза, магнію та фенольних сполук з антиоксидантними властивостями. Серію досліджень, узагальнених у тематичному випуску *Frontiers in Nutrition* (2024), присвячено впливу органічних агротехнічних прийомів на формування врожаю та якості зерна проса. Показано, що застосування компосту та зелених добрив покращує водно-фізичні властивості ґрунту та забезпеченість рослин поживними речовинами, що відображається на стабільності врожайності [8].

Овес посівний вважається найменш вибагливою до родючості ґрунтів культурою серед зернових, проте правильний підбір попередників та системи живлення суттєво впливає на його продуктивність. Культура поширена переважно в зонах Полісся та західного Лісостепу і виконує роль доповнюючої кормової та круп'яної

культури [4]. Овес має високий вміст бета-глюканів, ненасичених жирних кислот, білка з оптимальним амінокислотним складом, що зумовлює зростаючий попит на нього з боку функціонального харчування.

В органічних системах землеробства овес відіграє важливу фітомеліоративну роль. Дослідження, проведені в Швеції на органічних ділянках, які перебували під органічним управлінням з 2001 р., засвідчили, що місцеві адаптовані сорти вівса здатні формувати зерно з підвищеним вмістом мінеральних речовин (залізо, цинк, марганець) порівняно з інтенсивними комерційними сортами [16]. Це вказує на перспективність використання місцевого генофонду для органічного виробництва.

Дослідження А.М. Ліщука та співавторів (2023) у ДГ «Сквирське» підтвердили, що сівозмінні попелюшники істотно впливають на рівень пестицидного навантаження в агроценозах вівса. Встановлено, що вирощування вівса після бобових культур (горох, соя) зменшує потребу в мінеральному азоті та знижує ризик розвитку кореневих гнилей, що має принципове значення для екологізації виробництва [4].

Застосування біопрепаратів та бактеріальних інокулянтів є одним із ключових напрямів екологізації технологій вирощування нішевих культур. Біологічні засоби захисту та стимуляції росту рослин поділяються на кілька основних груп за діючими речовинами: грибні препарати (на основі *Trichoderma* spp., авермектинів), бактеріальні препарати (на основі *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Azotobacter chroococcum*), а також біорегулятори на основі метаболітів мікроорганізмів [17].

Переваги біопрепаратів, які роблять їх перспективними для нішевих культур, включають:

- сумісність із більшістю хімічних засобів захисту рослин та добрив у бакових сумішах, що дозволяє інтегрувати їх у перехідні технології від конвенційного до органічного виробництва;
- можливість застосування на всіх культурах без обмежень щодо фаз вегетації;
- екологічна безпечність для людини, тварин та корисної ентомофауни (зокрема комах-запилювачів, критично важливих для гречки);
- здатність покращувати біологічну активність ґрунту та сприяти мобілізації поживних речовин із важкодоступних сполук [17; 18].

Азотобактерин, виготовлений на основі чистої культури *Azotobacter chroococcum*, здатний фіксувати молекулярний азот та виробляти фізіологічно активні речовини,

що стимулюють ріст рослин. Середній приріст урожаю зернових від його застосування становить близько 10% [9]. Для бобових культур у сівозмінах із нішевими зерновими ефективними є ризобіот та ризогумін, інокуляція якими забезпечує зростання врожайності зерна сої на 7,3–13,8%, що опосередковано поліпшує азотний баланс ґрунту для наступних культур сівозміни [9].

Особливого значення набуває ЕМ-технологія (ефективні мікроорганізми), яка передбачає створення оптимальних умов для розвитку корисної ґрунтової мікрофлори. Дослідження Інституту овочівництва і баштанництва НААН засвідчили, що урожайність культур від застосування ЕМ-препаратів зростала до 40% порівняно з неудобреним ґрунтом [18]. Ці результати відкривають перспективи адаптації ЕМ-технології для вирощування нішевих круп'яних культур.

Стан органічного виробництва в Україні характеризується складною динамікою. За даними «Organic Standard», станом на 2025 р. в країні налічувалося понад 500 сертифікованих виробників органічної продукції, а загальна площа сертифікованих земель перевищувала 400 тис. га [19]. Найбільші площі органічних угідь зосереджені в Одеській (50 тис. га), Черкаській (41 тис. га) та Хмельницькій (40 тис. га) областях [3]. Нішеві культури (гречка, просо, овес, квасоля, спельта) становлять значну частку асортименту органічних господарств і мають стабільний попит на ринках ЄС.

Основні бар'єри розвитку органічного виробництва нішевих культур в Україні включають: тривалість перехідного періоду до органічного статусу (до 3 років), протягом якого урожайність знижується, а продукція ще не має статусу «органічна»; недостатність компенсаційних механізмів (на відміну від країн ЄС, де фермери отримують дотації на кожен гектар органічної землі); воєнні дії, що спричинили логістичні ускладнення та скорочення експортних потоків [19]. Подолання цих бар'єрів потребує комплексного підходу, що включає удосконалення системи державної підтримки, розвиток ринкової інфраструктури та науково-методичне забезпечення технологій вирощування.

Узагальнення агробіологічних характеристик нішевих круп'яних культур з точки зору їх придатності до екологізованого виробництва подано в табл. 2.

Дані табл. 2 засвідчують, що кожна з аналізованих культур має свої переваги для включення в екологізовані сівозміни. Гречка виділяється алелопатичним потенціалом і сидеральною функцією, просо – посухостійкістю

Таблиця 2

Агробіологічні характеристики нішевих культур в контексті екологізації

Показник	Гречка	Просо	Овес
Посухостійкість	Середня	Висока	Низька
Веgetаційний період, дів	60–85	80–120	90–120
Потенц. урожайність, ц/га	15–25	20–40	25–50
Чутливість до хлору	Висока	Помірна	Низька
Алелопатичний потенціал	Високий	Низький	Середній
Безглютенність	Так	Так	Умовно (авенін)
Роль у сівозміні	Фітосанітарна, сидеральна	Страхова, культура-пастка	Фітомеліоративна

Джерело: складено автором на основі [4; 6; 8; 12; 15; 16]

та здатністю виступати культурою-пасткою для вовчка, овес – фітомеліоративним впливом на ґрунт. Усі три культури є безглютеновими (з певним застереженням щодо вівса через наявність авеніну), що підвищує їх цінність для виробництва органічних продуктів спеціального призначення.

Узагальнення результатів огляду дозволяє виділити пріоритетні напрями подальших досліджень у сфері вирощування нішевих культур в умовах екологізації рослинництва. Насамперед, потребує поглибленого вивчення ефективність конкретних біопрепаратів (*Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Azotobacter chroococcum*) для передпосівної обробки насіння та позакореневої обробки гречки, проса і вівса в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Крім того, доцільно дослідити оптимальні параметри сівозмін, де нішеві круп'яні культури поєднуються з бобовими (як джерелом біологічного азоту) та сидеральними культурами. Перспективним є вивчення впливу органічних добрив різного походження (компост, вермикомпост, гумати) на мікробіологічну активність ґрунту під нішевими культурами [8; 18].

Ринкові перспективи нішевих культур в умовах екологізації визначаються зростаючим попитом на безглютенові та органічні продукти на ринках ЄС. Україна має можливість інтегруватися у ці ринки не лише як постачальник сировини, а й як виробник готової продукції (органічні крупи, пластівці, борошно). Для цього необхідна координація зусиль науковців, виробників і регуляторних органів у напрямі створення завершених технологічних ланцюгів від поля до споживача [1; 19].

Висновки. Проведений оглядовий аналіз наукових публікацій та статистичних даних дозволяє сформулювати такі узагальнення.

Нішеві круп'яні культури (гречка, просо, овес) мають значний потенціал для вирощування в умовах екологізації рослинництва завдяки комплексу агробіологічних характеристик: невибагливості до попередників, фітомеліоративним та фітосанітарним властивостям, високій харчовій цінності зерна та сумісності з органічними системами удобрення. Виробництво цих культур в Україні у 2025 р. зазнало суттєвого скорочення (гречка – на 37,7%, просо – у 2,6 рази, овес – на 14,9%), що підкреслює вразливість сектору та необхідність впровадження стабільних технологій вирощування.

Застосування біопрепаратів та бактеріальних інокулянтів (азотобактерин, ризогумін, ризобіофіт, ЕМ-препарати) є ефективним інструментом підвищення урожайності (приріст 7–14% для зернових і зернобобових) та якості продукції за одночасного зниження хімічного навантаження на агроєкосистему. Органічні добрива під нішеві культури доцільно вносити під попередники, а біопрепарати використовувати для передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення.

Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути зосереджені на розробці зонально адаптованих технологій вирощування нішевих круп'яних культур із використанням конкретних біопрепаратів, оптимізації сівозмін та формуванні завершених технологічних ланцюгів для органічного ринку. Реалізація цих завдань потребує координації зусиль наукових установ, аграрного бізнесу та регуляторних органів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Акцент на нішеві культури та здорожчання МТП: чого чекати аграріям у 2025 році? *AgroPortal.ua*. 02.01.2025. URL: <https://agroportal.ua/publishing/analitika/chogo-chekati-agrariyam-u-2025-roci> (дата звернення: 10.05.2026).
2. Нішеві культури в 2024 році: вирощування, перспективи, експорт. *AgroApp*. 02.07.2024. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/nishevi-kulturi-v-2024-roci-viroshchuvannya-perspektivi-eksport/> (дата звернення: 10.05.2026).
3. Землі під органічним виробництвом в Україні скоротилися на 26%. *SuperAgronom.com*. 30.09.2025. URL: <https://superagronom.com/news/21435-v-ukrayini-na-26-skorotilas-ya-kilkist-zemel-zaynyatih-pid-organichne-virobnitstvo> (дата звернення: 10.05.2026).
4. Ліщук А. М., Парфенюк А. І., Карачинська Н. В., Терновий Ю. В. Екологічні ризики за впливу пестицидного навантаження в агроценозах попередників круп'яних культур. *Збалансоване природокористування*. 2023. URL: <https://journals.uran.ua/bnusing/article/download/292726/290987> (дата звернення: 10.05.2026).
5. Еколого-економічні аспекти вирощування нішевих культур сільськогосподарськими підприємствами. *Збалансоване природокористування*. 2024. URL: <https://journals.uran.ua/bnusing/article/view/302623> (дата звернення: 10.05.2026).
6. Vieites-Álvarez Y., Reigosa M. J., Sánchez-Moreiras A. M. A decade of advances in the study of buckwheat for organic farming and agroecology (2013–2023). *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. DOI: 10.3389/fpls.2024.1354672. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10950947/> (дата звернення: 10.05.2026).
7. Gazza L., Nocente F. The Contribution of Minor Cereals to Sustainable Diets and Agro-Food Biodiversity. *Foods*. 2023. Vol. 12, No. 18. Art. 3500. DOI: 10.3390/foods12183500. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10529951/> (дата звернення: 10.05.2026).
8. Krishnan V. Editorial: Millets: superfood of the century – challenges and opportunities. *Frontiers in Nutrition*. 2024. Vol. 11. Art. 1462567. DOI: 10.3389/fnut.2024.1462567. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11359201/> (дата звернення: 10.05.2026).
9. Ефективність мікробних препаратів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 29. URL: <https://smic.in.ua/index.php/journal/article/download/60/52> (дата звернення: 10.05.2026).
10. Gross grain harvest in Ukraine in 2025 exceeded 60 mln tons – update. *APK-Inform*. 26.02.2026. URL: <https://www.apk-inform.com/en/news/amp/1553213> (дата звернення: 10.05.2026).
11. Broyaka A. Ukrainian Grain and Oilseed Markets after Three Years of Resilience. *AgManager.info*. April 2025. URL: https://www.agmanager.info/sites/default/files/pdf/Broyaka_Ukraine_04-16-25.pdf (дата звернення: 10.05.2026).
12. Сівба гречки в сезоні 2022: передумови, технологія вирощування. *SuperAgronom.com*. 15.04.2022. URL: <https://superagronom.com/articles/596-chi-bude-aktualno-siyati-grechku-v-sezoni-2022> (дата звернення: 10.05.2026).
13. Технологія вирощування гречки у 2025 році. *AgroApp*. 24.03.2025. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/>

- blog/tehnologiya-viroshhuvannya-grechki/ (дата звернення: 10.05.2026).
14. Органічне землеробство та кліматичні зміни: як підлаштовуються вітчизняні виробники? SuperAgronom.com. 19.02.2021. URL: <https://superagronom.com/articles/473-organichne-zemlerobstvo-ta-klimatichni-zmini-yak-pidlashtovuyutsya-vitchiznyani-virobniki> (дата звернення: 10.05.2026).
 15. Інтенсивна технологія вирощування проса в Україні на 2025. Агроексперт-Трейд. 25.01.2025. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyirashchivaniya-prosa-ukraina> (дата звернення: 10.05.2026).
 16. Johansson E., Prieto-Linde M. L., Larsson H. Locally Adapted and Organically Grown Landrace and Ancient Spring Cereals – A Unique Source of Minerals in the Human Diet. *Foods*. 2021. Vol. 10, No. 2. Art. 393. DOI: 10.3390/foods10020393. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7916914/> (дата звернення: 10.05.2026).
 17. Біологізація рослинництва: наскільки вона реальна в умовах України. SuperAgronom.com. 30.03.2020. URL: <https://superagronom.com/articles/351-biologizatsiya-roslinnitstva-naskilki-vona-realna-v-umovah-ukrayini-chi-mojna-protistaviti-biopreparati-ta-himichni-zr> (дата звернення: 10.05.2026).
 18. Біопрепарати як основа системи інтегрованого захисту рослин. Овочі і Фрукти. 17.01.2020. URL: <https://www.pro-of.com.ua/biopreparati-yak-osnova-sistemi-integrovanogo-zaxistu-roslin/> (дата звернення: 10.05.2026).
 19. Органічне землеробство в Україні: перспективи, виклики та шляхи розвитку. WEAGRO. 21.11.2025. URL: <https://weagro.ua/blog/organichne-zemlerobstvo-yak-nova-paradygma-agrovirobnycztva/> (дата звернення: 10.05.2026).
 20. Vieites-Álvarez, Y., Reigosa, M. J., & Sánchez-Moreiras, A. M. (2024). A decade of advances in the study of buckwheat for organic farming and agroecology (2013–2023). *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1354672>
 21. Gazza, L., & Nocente, F. (2023). The Contribution of Minor Cereals to Sustainable Diets and Agro-Food Biodiversity. *Foods*, 12(18), 3500. <https://doi.org/10.3390/foods12183500>
 22. Krishnan, V. (2024). Editorial: Millets: superfood of the century – challenges and opportunities. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1462567. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1462567>
 23. Efektyvnist mikrobykh preparativ [Efficiency of microbial preparations]. *Silskohospodarska mikrobiologiya*, 29. (2019). <https://smic.in.ua/index.php/journal/article/download/60/52> [in Ukrainian].
 24. Gross grain harvest in Ukraine in 2025 exceeded 60 mln tons – update. APK-Inform. (2026, February 26). <https://www.apk-inform.com/en/news/amp/1553213>
 25. Broyaka, A. (2025). Ukrainian Grain and Oilseed Markets after Three Years of Resilience. *AgManager.info*. https://www.agmanager.info/sites/default/files/pdf/Broyaka_Ukraine_04-16-25.pdf
 26. Sivba hrechky v sezoni 2022: peredumovy, tekhnologiya vyroshchuvannya [Buckwheat sowing in 2022 season: prerequisites and cultivation technology]. SuperAgronom.com. (2022, April 15). <https://superagronom.com/articles/596> [in Ukrainian].
 27. Tekhnologiya vyroshchuvannya hrechky u 2025 rotsi [Buckwheat cultivation technology in 2025]. AgroApp. (2025, March 24). <https://agroapp.com.ua/uk/blog/tehnologiya-viroshhuvannya-grechki/> [in Ukrainian].
 28. Orhanichne zemlerobstvo ta klimatichni zmyny: yak pidlashtovuiutsia vitchyzniani vyrobnyky? [Organic farming and climate change: how do domestic producers adapt?]. SuperAgronom.com. (2021, February 19). <https://superagronom.com/articles/473> [in Ukrainian].
 29. Intensyvna tekhnologiya vyroshchuvannya prosa v Ukraini na 2025 [Intensive millet cultivation technology in Ukraine for 2025]. Ahroekspert-Treid. (2025, January 25). <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyirashchivaniya-prosa-ukraina> [in Ukrainian].
 30. Johansson, E., Prieto-Linde, M. L., & Larsson, H. (2021). Locally Adapted and Organically Grown Landrace and Ancient Spring Cereals – A Unique Source of Minerals in the Human Diet. *Foods*, 10(2), 393. <https://doi.org/10.3390/foods10020393>
 31. Biologizatsiya roslinnitstva: naskilky vona realna v umovakh Ukrainy [Biologization of crop production: how realistic is it in Ukraine]. SuperAgronom.com. (2020, March 30). <https://superagronom.com/articles/351> [in Ukrainian].
 32. Biopreparaty yak osnova systemy intehrovanoho zahystu roslyn [Biopreparations as the basis of integrated plant protection system]. Ovocni i Frukty. (2020, January 17). <https://www.pro-of.com.ua/biopreparati-yak-osnova-sistemi-integrovanogo-zaxistu-roslin/> [in Ukrainian].
 33. Orhanichne zemlerobstvo v Ukraini: perspektyvy, vyklyky ta shliakhy rozvytku [Organic farming in Ukraine: prospects, challenges and development paths]. WEAGRO. (2025, November 21). <https://weagro.ua/blog/organichne-zemlerobstvo-yak-nova-paradygma-agrovirobnycztva/> [in Ukrainian].

REFERENCES:

1. Aktsent na nishevi kultury ta zdorozhchannia MTR: choho chekaty ahraryam u 2025 rotsi? [Focus on niche crops and rising material and technical resources: what should farmers expect in 2025?]. AgroPortal.ua. (2025, January 2). <https://agroportal.ua/publishing/analitika/chogo-chekati-agrariyam-u-2025-roci> [in Ukrainian].
2. Nishevi kultury v 2024 rotsi: vyroshchuvannya, perspektyvy, eksport [Niche crops in 2024: cultivation, prospects, export]. AgroApp. (2024, July 2). <https://agroapp.com.ua/uk/blog/nishevi-kulturi-v-2024-roci-viroshhuvannya-perspektivi-eksport/> [in Ukrainian].
3. Zemli pid orhanichnym vyrobnytstvom v Ukraini skortylisia na 26% [Organic farmland in Ukraine decreased by 26%]. SuperAgronom.com. (2025, September 30). <https://superagronom.com/news/21435> [in Ukrainian].
4. Lishchuk, A. M., Parfeniuk, A. I., Karachynska, N. V., & Ternovyi, Yu. V. (2023). Ekologichni ryzyky za vplyvu pestytsydnogo navantazhennia v ahrotsenozakh popeprednykiv krup'ianykh kultur [Ecological risks of pesticide load in agrocenoses of cereal crop predecessors]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*. <https://journals.uran.ua/bnusing/article/download/292726/290987> [in Ukrainian].
5. Ekologho-ekonomichni aspekty vyroshchuvannya nishevykh kultur silskohospodarskymy pidpriemstvamy [Ecological and economic aspects of niche crop cultivation by agricultural enterprises]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*. (2024). <https://journals.uran.ua/bnusing/article/view/302623> [in Ukrainian].

Дутчак О.В. Вирощування нішевих культур в умовах екологізації рослинництва

Мета. Систематизація та узагальнення наукових даних щодо особливостей вирощування нішевих круп'яних культур (гречки, проса, вівса) в умовах екологізації рослинництва з використанням органічних добрив, біопрепаратів та бактеріальних інокулянтів. **Методи.** Оглядове дослідження виконано на основі аналізу наукових публікацій вітчизняних і зарубіжних авторів, статистичних даних Державної служби статистики України, аналітичних матеріалів ННЦ «Інститут аграрної економіки», Української зернової асоціації та міжнародних баз даних (PubMed, Frontiers). Застосовано методи порівняльного аналізу, узагальнення та систематизації. **Результати.** Встановлено, що нішеві круп'яні культури мають значний потенціал для екологізованого виробництва завдяки невибагливості до попередників, фітомеліоративним і фітосанітарним властивостям, високій харчовій цінності зерна. Виробництво гречки, проса і вівса в Україні у 2025 р. зазнало суттєвого скорочення. Застосування біопрепаратів забезпечує приріст урожайності зернових на 7–14%, а ЕМ-препарати підвищують урожайність до 40% порівняно з неудобреним фоном. Площі органічних угідь в Україні скоротилися до 349,3 тис. га у 2024 р. Окреслені тенденції свідчать про наявність суперечності між агроекологічним потенціалом нішевих круп'яних культур і фактичним скороченням їх виробничої бази. Гречка, просо та овес можуть виконувати не лише продовольчу, а й агроеко-системну функцію, оскільки їх залучення до сівозмін сприяє зменшенню фітосанітарного навантаження, поліпшенню структури посівів і зниженню залежності виробництва від інтенсивних хімічних технологій. За умов зростання попиту на безпечну, функціональну та органічну продукцію ці культури доцільно розглядати як важливий резерв диверсифікації рослинництва, особливо для малих і середніх господарств, орієнтованих на екологізовані технології.

Перспективним напрямом стабілізації виробництва є поєднання сортового потенціалу культур із біологізованими елементами технології вирощування. Використання біопрепаратів, мікробіологічних добрив та ЕМ-препаратів дає змогу підвищити продуктивність посівів без надмірного мінерального навантаження на ґрунт, що особливо важливо в умовах скорочення площ органічних угідь.

Висновки. Подальші дослідження мають бути зосереджені на зональній адаптації біопрепаратів для нішевих культур, оптимізації сівозмін та формуванні ринкових ланцюгів органічної продукції.

Ключові слова: органічне виробництво, нішеві культури, гречка, просо, овес, органічні добрива, біопрепарати, бактеріальні препарати, урожайність.

Dutchak O.V. Cultivation of niche crops under conditions of crop production ecologization

Purpose. To systematize and generalize scientific data on the cultivation features of niche cereal crops (buckwheat, millet, oats) under crop production ecologization conditions, particularly with the use of organic fertilizers, biopreparations

and bacterial inoculants. **Methods.** The review study was conducted on the basis of analysis of scientific publications by Ukrainian and foreign authors, statistical data from the State Statistics Service of Ukraine, analytical materials from the National Scientific Center "Institute of Agrarian Economics", the Ukrainian Grain Association and international databases (PubMed, Frontiers). Comparative analysis, generalization and systematization methods were used. **Results.** It was established that niche cereal crops have significant potential for ecologically oriented production due to their low requirements for predecessors, phytomeliorative and phytosanitary properties, and high nutritional value of grain. Production of buckwheat, millet and oats in Ukraine decreased significantly in 2025. Application of biopreparations provides a yield increase of 7–14% for cereals and legumes, while EM preparations increase yields by up to 40% compared to unfertilized conditions. The area of organic farmland in Ukraine decreased to 349.3 thousand hectares in 2024.

It has been established that niche cereal crops have significant potential for environmentally oriented production due to their low requirements for preceding crops, phytomeliorative and phytosanitary properties, and the high nutritional value of their grain. The production of buckwheat, millet, and oats in Ukraine decreased substantially in 2025. The application of biological preparations provides a 7–14% increase in cereal crop yield, while EM preparations can increase yield by up to 40% compared with the unfertilized background. The area of organic agricultural land in Ukraine decreased to 349.3 thousand hectares in 2024. The identified trends indicate a contradiction between the agroecological potential of niche cereal crops and the actual reduction of their production base. Buckwheat, millet, and oats can perform not only a food-production function but also an agroecosystem function, since their inclusion in crop rotations helps reduce phytosanitary pressure, improve the structure of sown areas, and decrease dependence on intensive chemical technologies. Under conditions of growing demand for safe, functional, and organic products, these crops should be considered an important reserve for the diversification of crop production, especially for small and medium-sized farms focused on environmentally oriented technologies. Further development of niche cereal crop production should rely on adaptive crop rotations, local restoration of seed production, support for organic certification, and the formation of stable marketing channels, since technological advantages alone, without the economic interest of producers, cannot ensure a long-term expansion of sown areas.

Conclusions. Further research should focus on zonal adaptation of biopreparations for niche crops, optimization of crop rotations and formation of organic product market chains.

Key words: organic production, niche cultures, buckwheat, millet, oats, organic fertilizers, biological preparations, bacterial preparations, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 01.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 633.854.78:551.583:631.559:631.67(477.7)
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.11>

ВПЛИВ ПРОГНОЗОВАНИХ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПРИРОДНОГО ТА РЕГУЛЬОВАНОГО ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

ЖИГАЙЛО Т.С. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-9580-5922

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ЖИГАЙЛО О.Л. – кандидат географічних наук, доцент
orcid.org/0000-0002-3552-327X

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

БАРСУКОВА О.А. – кандидат географічних наук, доцент
orcid.org/0000-0002-9054-142X

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Постановка проблеми. В умовах глобальних змін клімату одним із ключових викликів для сучасного аграрного виробництва є забезпечення стабільної продуктивності сільськогосподарських культур за зростання температурного режиму, посилення посушливих явищ та зменшення природного вологозабезпечення. Особливо гостро ці процеси проявляються у степовій зоні України, де підвищення аридності клімату супроводжується збільшенням дефіциту ґрунтової вологи, нерівномірністю випадання атмосферних опадів і зростанням ризику формування нестабільної врожайності.

Соняшник є однією з провідних олійних культур України, що має важливе економічне та експортне значення. Водночас реалізація його продукційного потенціалу значною мірою визначається агрокліматичними умовами вегетаційного періоду, насамперед температурним режимом і забезпеченістю рослин вологою. Прогнозовані зміни клімату можуть істотно змінити умови вирощування культури, що потребує наукового обґрунтування адаптивних технологічних рішень.

Особливої актуальності набуває комплексна оцінка продуктивності соняшнику за умов природного та регульованого вологозабезпечення із застосуванням сучасних методів математичного моделювання. Такий підхід дає можливість оцінити реакцію культури на прогнозовані агрокліматичні зміни, визначити особливості формування продуктивності в різних природно-кліматичних підзонах Південного регіону України та обґрунтувати ефективність зрошення як одного з основних адаптаційних заходів в умовах подальшої аридизації клімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемам оцінювання впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур присвячено численні дослідження вітчизняних і зарубіжних учених. В Україні вагомий внесок у розвиток цього напрямку зробили А. М. Польовий, В. О. Балабух, О. Г. Тараріко, Т. І. Адаменко, Н. В. Данілова, Р. А. Вожегова та інші дослідники [1-6]. У їхніх працях сформовано теоретичні засади агрокліматичного оцінювання продукційного

процесу рослин, удосконалено підходи до математичного моделювання продуктивності сільськогосподарських культур, досліджено закономірності трансформації агрокліматичних ресурсів України під впливом кліматичних змін, оцінено вплив температурного режиму та вологозабезпечення на формування врожайності, а також обґрунтовано основні напрями адаптації аграрного виробництва до сучасних кліматичних викликів.

Суттєвий розвиток досліджень щодо оцінювання впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур відбувся і в зарубіжній науці. Роботи D. B. Lobell, A. Ortiz-Bobea, C. Rosenzweig, A. J. Challinor, S. Asseng, C. Zhao та інших учених присвячені кількісному оцінюванню впливу змін температурного режиму, дефіциту вологи та екстремальних погодних явищ на продуктивність агроєкосистем із використанням математичного моделювання, ансамблевих моделей і кліматичних сценаріїв [7–13]. Їхні дослідження підтверджують необхідність упровадження адаптаційних заходів для забезпечення стабільності сільськогосподарського виробництва в умовах глобальних кліматичних змін.

Останніми роками подальшого розвитку набули дослідження, присвячені оцінюванню продуктивності соняшнику в умовах сучасних і прогнозованих кліматичних змін. У роботах О. Л. Жигайло та співавторів [14–15] із використанням математичного моделювання обґрунтовано підходи до прогнозування врожайності культури за різних кліматичних сценаріїв, оцінено вплив агрокліматичних умов на формування врожаю та ефективність адаптаційних заходів, зокрема застосування зрошення. Водночас питання комплексного оцінювання впливу кліматичних змін і зрошення на формування продуктивності соняшнику в умовах Південного Степу України потребують подальших досліджень, що й зумовило вибір теми цієї роботи.

Мета дослідження – оцінити вплив прогнозованих змін агрокліматичних умов на формування продуктивності посівів і врожайності соняшнику в Південному



регіоні України за умов природного та регульованого вологозабезпечення із застосуванням математичного моделювання та визначити ефективність зрошення як адаптаційного заходу до змін клімату.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконано із застосуванням методів математичного моделювання продуктивності посівів соняшнику в умовах природного та регульованого водозабезпечення.

Для оцінювання формування продуктивності соняшнику на неполивних землях використано математичну модель MODSON-7 («Водно-тепловий режим і продуктивність соняшнику»), яка дає змогу моделювати вплив агрометеорологічних чинників на ріст, розвиток рослин, формування листкової поверхні, накопичення сухої біомаси та врожайності насіння [16].

Моделювання продуктивності соняшнику за умов зрошення виконано із застосуванням математичної моделі MODSOL-6 («Формування продуктивності сільськогосподарських культур в умовах зрошення»), що забезпечує оцінювання впливу режиму зрошення на водний режим посівів, процеси росту та формування врожаю культури [17].

Параметри моделей адаптовано до біологічних особливостей соняшнику, який вирощується в природно-кліматичних умовах Південного регіону України.

Чисельні розрахунки проведено для двох кліматичних періодів: 1986–2015 рр. – базового, сформованого за даними багаторічних агрокліматичних спостережень [18], та 2026–2050 рр. – прогнозного за сценарієм RCP 8.5 (Representative Concentration Pathway), що передбачає високий рівень концентрації парникових газів в атмосфері та використовується для оцінювання можливих наслідків змін клімату [19].

Дослідження охоплювали дві природно-кліматичні підзони Південного регіону України – Північний Степ і Південний Степ, які характеризуються різними умовами теплозабезпечення та природного зволоження (рис. 1).

Під час моделювання оцінювали агрокліматичні умови вегетаційного періоду, показники водного режиму посівів, індекс листкової поверхні, приріст і накопичення сухої біомаси, масу кошиків, а також урожайність насіння соняшнику. Для умов зрошення додатково проведено моделювання продуктивності культури за різних рівнів посушливості, що характеризувалися значеннями гідротермічного коефіцієнта (ГТК), із застосуванням розрахункового режиму зрошення сумарною нормою 2300 м³/га.

Результати досліджень. Агрокліматичні перемудови формування продуктивності соняшнику. Результати моделювання свідчать, що за сценарієм кліматичних змін RCP 8.5 агрокліматичні умови вирощування соняшнику в Південному регіоні України змінюватимуться неоднаково залежно від природно-кліматичної підзони (табл. 1). Найсуттєвіші зміни стосуються температурного режиму, атмосферного зволоження, випаровуваності та водного балансу посівів, що безпосередньо визначають інтенсивність ростових процесів і рівень реалізації продукційного потенціалу культури.

У міжфазний період «сходи – цвітіння» у Північному Степу прогнозується певне покращення умов вологозабезпечення. Незважаючи на зниження середньої температури повітря на 1,6 °С, сума атмосферних опадів збільшуватиметься зі 114 до 122 мм, а коефіцієнт вологозабезпеченості – з 0,70 до 0,81 від. од. Такі умови є сприятливими для формування кореневої системи, активного розвитку листкового апарату та накопичення асиміляційної поверхні.



Рис. 1. Карта України з виділенням Південним регіоном: Одеської, Миколаївської, Херсонської та Запорізької областей

Таблиця 1

Агрокліматичні умови вирощування соняшнику на Півдні України

Агрокліматичні показники	Природно-кліматична підзона:			
	Північний Степ		Південний Степ	
	¹ 1986–2015 рр.	² 2026–2050 рр.	¹ 1986–2015 рр.	² 2026–2050 рр.
Сходи – цвітіння				
Середня температура повітря, °	19,9	18,3	19,2	18,5
Сума опадів, мм	114	122	107	101
Сумарне випаровування, мм	191	247	121	96
Випаровуваність, мм	271	305	289	292
Вологозабезпеченість, від. од.	0,70	0,81	0,42	0,33
Цвітіння – збиральна стиглість				
Середня температура повітря, °	22,1	20,0	23,3	23,6
Сума опадів, мм	88	63	57	35
Сумарне випаровування, мм	155	145	62	60
Випаровуваність, мм	327	414	318	375
Вологозабезпеченість, від. од.	0,47	0,35	0,19	0,16
Сходи – збиральна стиглість				
Середня температура повітря, °	21,0	19,1	21,3	21,0
Сума опадів, мм	202	185	164	136
Дефіцит вологи, мм	252	327	424	511
Вологозабезпеченість, від. од.	0,58	0,54	0,30	0,23

Примітка: ¹ – базовий кліматичний період; ² – кліматичний період за сценарієм RCP 8.5.

На відміну від Північного Степу, у Південному Степу вже на початкових етапах вегетації очікується погіршення водного режиму посівів. Зменшення кількості атмосферних опадів зі 107 до 101 мм у поєднанні зі зниженням коефіцієнта вологозабезпеченості до 0,33 від. од. свідчить про посилення дефіциту продуктивної вологи, що може негативно впливати на інтенсивність росту рослин уже на ранніх фазах органогенезу.

У період «цвітіння – збиральна стиглість», який є критичним для формування врожаю соняшнику, агрокліматичні умови погіршуються в обох підзонах. У Північному Степу кількість опадів зменшується до 63 мм, а випаровуваність зростає до 414 мм, унаслідок чого коефіцієнт вологозабезпеченості знижується до 0,35 від. од. У Південному Степу ситуація є ще складнішою: кількість опадів скорочується до 35 мм, а показник вологозабезпеченості зменшується до критичного рівня – 0,16 від. од., що створює передумови для розвитку водного та теплового стресу в період наливу насіння.

Загалом за вегетаційний період прогнозується збільшення дефіциту вологи в обох підзонах, однак найбільш виражені негативні зміни очікуються у Південному Степу, де дефіцит вологи зростатиме з 424 до 511 мм, а коефіцієнт вологозабезпеченості знизиться до 0,23 від. од. Отримані результати свідчать про посилення просторової диференціації агрокліматичних умов вирощування соняшнику та формують передумови для істотних відмінностей у рівні продуктивності культури між досліджуваними підзонами.

Проведений аналіз свідчить, що прогнозовані зміни агрокліматичних умов за сценарієм RCP 8.5 характеризуватимуться посиленням просторової неоднорідності тепло- та вологозабезпечення території Південного регіону України. Найбільш несприятливі умови формуватимуться в Південному Степу, що створює

передумови для суттєвого зниження продуктивності соняшнику в умовах природного зволоження

Реакція посівів соняшнику на прогнозовані кліматичні зміни. Математичне моделювання показало, що прогнозовані зміни агрокліматичних умов безпосередньо впливатимуть на формування продуктивності соняшнику, однак характер цього впливу істотно відрізнятиметься між природно-кліматичними підзонами Південного регіону України (табл. 2, рис. 2).

У Північному Степу покращення умов вологозабезпечення в першій половині вегетації сприятиме активізації ростових процесів і підвищенню ефективності фотосинтетичної діяльності рослин. Це підтверджується збільшенням індексу листової поверхні з 1,35 до 2,19 м²/м², або на 62%, що свідчить про формування більш розвиненого асиміляційного апарату (рис. 2а). Одночасно приріст сухої біомаси збільшиться з 90,45 до 142,06 г/м², а загальна суха біомаса на момент досягання – з 426,07 до 624,71 г/м². Такі зміни відображають підвищення інтенсивності фотосинтетичних процесів і більш повну реалізацію продукційного потенціалу культури.

Позитивні зміни простежуються також у формуванні генеративних органів. Маса кошиків збільшиться з 231,85 до 307,08 г/м², що забезпечить підвищення врожайності насіння з 1,7 до 2,3 т/га. Отже, для Північного Степу прогнозовані кліматичні зміни не матимуть негативного впливу на продуктивність соняшнику, а за рахунок покращення водного режиму на початкових етапах розвитку навіть сприятимуть ефективнішому використанню природних агрокліматичних ресурсів.

На відміну від Північного Степу, у Південному Степу прогнозується протилежна тенденція. Посилення дефіциту вологи та погіршення вологозабезпечення вже на початку вегетації обмежуватимуть ріст рослин і формування листового апарату. У результаті індекс листової

Таблиця 2

Вплив кліматичних змін на продуктивність соняшнику в умовах Південного регіону України

Показники продуктивності		Природно-кліматична підзона			
		Північний Степ		Південний Степ	
		¹ 1986–2015 pp.	² 2026–2050 pp.	¹ 1986–2015 pp.	² 2026–2050 pp.
Продуктивність посівів в період максимального розвитку:	індекс листової поверхні (LL), м ² /м ²	1,35	2,19	1,44	0,69
	приріст сухої біомаси (ΔM), г/м ²	90,45	142,06	126,85	38,13
Суша біомаса на фазу збирання стиглості:	загальна (M: m _l , m _s , m _r , m _p)	426,07	624,71	439,67	173,44
	кошиків (m _p)	231,85	307,08	167,80	76,76
Урожай насіння (m _q), т/га		1,7	2,3	1,2	0,6

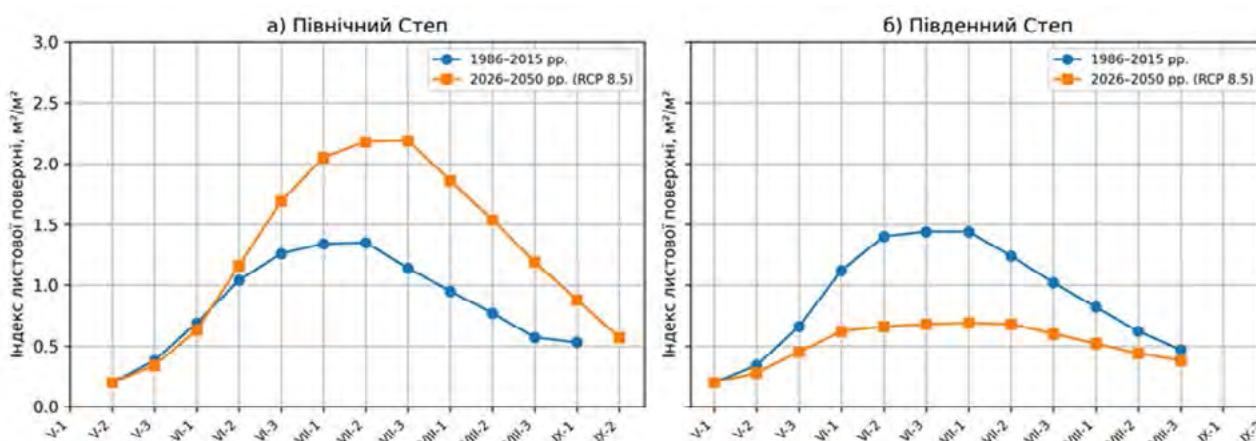


Рис. 2. Динаміка листової поверхні соняшнику. Південний регіон України

поверхні зменшиться майже вдвічі – з 1,44 до 0,69 м²/м² (рис. 2б), що свідчить про істотне зниження фотосинтетичного потенціалу посівів.

Наслідком пригнічення ростових процесів стане різке скорочення накопичення сухої біомаси. Приріст сухої речовини знизиться зі 126,85 до 38,13 г/м², а загальна суха біомаса на фазу досягання – з 439,67 до 173,44 г/м². Одночасно маса кошиків зменшиться більш ніж удвічі – зі 167,80 до 76,76 г/м², що безпосередньо позначиться на формуванні врожаю насіння.

За результатами моделювання врожайність соняшнику в умовах неполивного землеробства Південного Степу знизиться з 1,2 до 0,6 т/га. Такий характер змін обумовлений комплексною дією несприятливих агрокліматичних чинників – дефіциту продуктивної вологи, високої випаровуваності та розвитку водного і теплового стресу в критичні фази росту й розвитку культури.

Таким чином, результати моделювання свідчать про істотну просторову диференціацію реакції соняшнику на прогнозовані кліматичні зміни (рис. 3). Якщо в Північному Степу прогнозується підвищення продуктивності завдяки відносно сприятливим умовам початкового періоду вегетації, то в Південному Степу посилення аридизації клімату істотно обмежуватиме реалізацію продукційного потенціалу культури та зумовлюватиме значне зниження врожайності.

Отримані результати моделювання дають підстави стверджувати, що реакція соняшнику на прогнозовані кліматичні зміни визначається насамперед рівнем природного вологозабезпечення території. За умов Північного Степу можливе збереження відносно сприятливих умов формування продуктивності культури, тоді як у Південному Степу посилення аридизації клімату істотно обмежуватиме реалізацію її продукційного потенціалу.

Ефективність зрошення як адаптаційного заходу за різних рівнів посушливості. За умов прогнозованого посилення аридизації клімату особливого значення набуває оцінювання ефективності адаптаційних заходів, спрямованих на компенсацію дефіциту продуктивної вологи. Одним із найбільш дієвих заходів є зрошення, яке забезпечує стабілізацію водного режиму ґрунту та створює передумови для підтримання продуктивності соняшнику навіть за несприятливих погодних умов.

Результати математичного моделювання (табл. 4) свідчать, що застосування розрахункового режиму зрошення із сумарною зрошувальною нормою 2300 м³/га забезпечує суттєве підвищення продуктивності посівів незалежно від рівня розвитку посушливих явищ. Підтримання оптимального водного режиму сприяє збереженню фізіологічної активності рослин, формуванню більш розвинутого листового апарату, інтенсивнішому

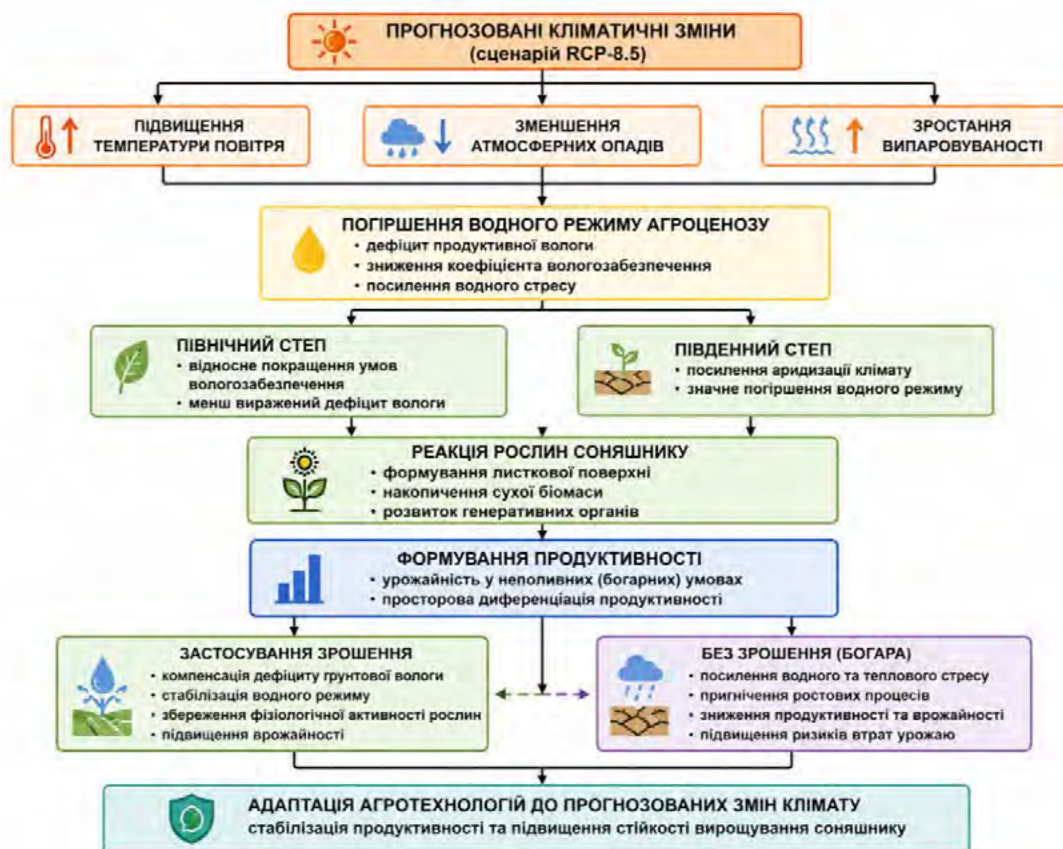


Рис. 3. Схема впливу прогнозованих змін клімату на формування продуктивності соняшнику та роль зрошення як адаптаційного заходу

накопиченню сухої біомаси та кращому розвитку генеративних органів.

Найвища ефективність зрошення спостерігається за умов сильної посухи, коли врожайність соняшнику досягає 2,7–2,9 т/га, що більш ніж удвічі перевищує показники неполивного землеробства. Це свідчить, що за своєчасного забезпечення рослин водою негативний вплив дефіциту атмосферних опадів може бути значною мірою компенсований (табл. 4).

Зі збільшенням інтенсивності посушливих явищ ефективність зрошення дещо знижується, однак навіть за умов надзвичайної посухи врожайність залишається на рівні близько 1,8 т/га, що істотно перевищує показники, отримані без зрошення. Отже, підтримання оптимального водного режиму дозволяє суттєво пом'якшити

негативний вплив водного стресу та забезпечити стабільніше формування врожаю.

Отримані результати підтверджують, що зрошення виконує не лише функцію компенсації дефіциту ґрунтової води, а й виступає важливим адаптаційним інструментом підвищення стійкості агроєкосистем до прогнозованих кліматичних змін. Використання математичного моделювання дозволило кількісно оцінити ефективність цього заходу та обґрунтувати доцільність його застосування насамперед у Південному Степу, де прогнозується найбільше погіршення умов природного вологозабезпечення.

Таким чином, застосування зрошення дозволяє значною мірою компенсувати негативний вплив дефіциту води та стабілізувати продуктивність соняшнику

Таблиця 4

Порівняльна продуктивність соняшнику на зрошуваних і неполиваних землях

Показники вологозабезпечення		Урожай насіння, т/га		
Гідротермічний коефіцієнт ГТК, від. од.	Вологозабезпеченість посівів E _ф /E _о , від. од.	Без зрошення	Зрошення	
за сценарієм RCP 8.5				
0,4	0,35	1,5	2,7	2,8 ¹
0,3	0,33	1,3	2,8	2,9 ¹
0,1	0,31	0,7	1,7	1,8 ¹

Примітка: зрошувальна норма 2300 м³/га; ¹ – в період досягання додається вегетаційний полив за дефіциту води для продовження наливу.

навіть за умов розвитку сильних посух. Це підтверджує доцільність використання зрошення як одного з ключових адаптаційних заходів в умовах подальших кліматичних змін.

Отримані результати узгоджуються із сучасними уявленнями про визначальну роль водного режиму у формуванні продуктивності польових культур за умов кліматичних змін. Проведене моделювання підтвердило, що реакція соняшнику на прогнозовані зміни агрокліматичних умов має виражений просторовий характер і визначається насамперед рівнем природного вологозабезпечення. Встановлено, що найбільш ефективним адаптаційним заходом є зрошення, яке забезпечує стабілізацію продукційного процесу та істотне зменшення негативного впливу посушливості клімату.

Отримані результати свідчать, що за умов подальших кліматичних змін вирощування соняшнику на неполивних землях Південного Степу супроводжуватиметься істотним зростанням виробничих ризиків, тоді як застосування зрошення дозволяє підтримувати стабільний рівень продуктивності культури та розглядатися як один із ключових напрямів адаптації землеробства до аридизації клімату.

Висновки. Встановлено, що за сценарієм кліматичних змін RCP 8.5 агрокліматичні умови вирощування соняшнику в Південному регіоні України змінюватимуться неоднаково залежно від природно-кліматичної підзони. У Північному Степу прогнозується відносно покращення умов вологозабезпечення на початкових етапах вегетації, тоді як у Південному Степу посилення аридизації супроводжуватиметься зростанням дефіциту вологи та погіршенням водного режиму посівів.

За результатами чисельних розрахунків встановлено істотні просторові відмінності реакції соняшнику на прогнозовані зміни агрокліматичних умов. У Північному Степу очікується підвищення продуктивності культури: індекс листової поверхні збільшиться з 1,35 до 2,19 м²/м², загальна суха біомаса – з 426,07 до 624,71 г/м², а врожайність насіння – з 1,7 до 2,3 т/га. Натомість у Південному Степу прогнозується істотне пригнічення продукційного процесу, що супроводжуватиметься зниженням урожайності з 1,2 до 0,6 т/га.

Встановлено, що визначальним чинником формування продуктивності соняшнику за умов прогнозованих кліматичних змін є рівень природного вологозабезпечення території. Посилення дефіциту продуктивної вологи обмежує розвиток листового апарату, накопичення сухої біомаси та формування генеративних органів, що зумовлює суттєве зниження реалізації продукційного потенціалу культури в умовах Південного Степу.

Доведено високу ефективність зрошення як адаптаційного заходу до змін клімату. Підтримання оптимального рівня зволоження ґрунту протягом вегетаційного періоду забезпечує стабілізацію водного режиму посівів, сприяє повнішій реалізації продукційного потенціалу соняшнику та дозволяє підвищити врожайність у 2,5–3,0 рази порівняно з неполивними умовами навіть за розвитку надзвичайної посухи.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування математичного моделювання для

прогнозування продуктивності соняшнику в умовах кліматичних змін та обґрунтування адаптаційних заходів. Практичне використання результатів дослідження сприятиме оптимізації технологій вирощування соняшнику, підвищенню ефективності використання водних ресурсів і зменшенню виробничих ризиків у степовій зоні України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України : монографія. Одеса : ТЕС, 2015. 520 с.
2. Балабух В. О., Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Величко В. А. Вплив зміни температури повітря на формування врожайності сільськогосподарських культур в Україні на межі XX–XXI століть (1981–2010 рр.). *Сільськогосподарська наука та практика*. 2021. Т. 8, № 3. С. 71–87. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.03.071>
3. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 14–22. <https://doi.org/10.15407/ugz2016.01.014>
4. Адаменко Т. І. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам. Київ : Німецько-український агрополітичний діалог, 2019. 36 с. <https://dspace.organic-platform.org/items/3143ad68-8a9d-4a41-942a-798b2d7d72e5>
5. Данілова Н. В. Вплив змін клімату на продуктивність проса в Лісостеповій зоні України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 25. С. 63–73. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.06>
6. Вожегова Р. А., Нетіс І. Т., Онуфран Л. І., Сахацький Г. І., Шарата Н. Г. Зміна клімату та аридизація Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 16–24. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.3>
7. Lobell D. B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*. 2011. Vol. 333, No. 6042. P. 616–620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
8. Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M., Chambers R. G., Lobell D. B. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11, No. 4. P. 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>
9. Rosenzweig C., Elliott J., Deryng D., Ruane A. C., Müller C., Arneth A., Boote K. J., Folberth C., Glotter M., Khabarov N. et al. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014. Vol. 111, No. 9. P. 3268–3273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222463110>
10. Challinor A. J., Watson J., Lobell D. B., Howden S. M., Smith D. R., Chhetri N. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*. 2014. Vol. 4, No. 4. P. 287–291. <https://doi.org/10.1038/nclimate2153>
11. Asseng S., Ewert F., Martre P., Rötter R. P., Lobell D. B., Cammarano D. et al. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*. 2015. Vol. 5, No. 2. P. 143–147. <https://doi.org/10.1038/nclimate2470>
12. Zhao C., Liu B., Piao S., Wang X., Lobell D. B., Huang Y. et al. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings*

- of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2017. Vol. 114, No. 35. P. 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
13. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, H. Lee, J. Romero (Eds.). Geneva : IPCC, 2023. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
 14. Жигайло О. Л., Вольвач О. В., Толмачова А. В., Костюкевич Т. К. Вплив змін клімату на урожайність соняшнику в Північному Степу України: аналіз і прогност. *Науковий прогност та інновації*, 2021. Вип. 1, 180–186. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22>
 15. Жигайло Т. С., Жигайло О. Л. Оцінка продуктивності посівів соняшнику в степовій зоні України за кліматичними сценаріями RCP. *Таврійський науковий вісник*. 2026. Вип. 148, ч. 1. С. 213–220. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.24>
 16. Жигайло, О. Л., Жигайло, Т. С. Моделювання продуктивності соняшнику в умовах майбутніх змін клімату в Україні за сценаріями антропогенного впливу RCP. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2017. № 20. С. 71–78. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2115>
 17. Жигайло Т. С., Жигайло О. Л. Оптимізація вирощування пшениці озимої з урахуванням сценарію RCP8.5 в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2026. № 36. С. 113–119. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.16>
 18. Адаменко Т. І., Кульбіда М. І., Прокопенко А. Л. Агрокліматичний довідник по території України: (1986–2015 рр.). Житомир : «Полісся». 2019. 82 с.
 19. Степаненко С. М., Польовий А. М. та ін. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія. Одеса : «ТЕС», 2018. 546 с.
- REFERENCES:**
1. Stepanenko S. M., Poloviy A. M., Loboda N. S. та in. (2015) Klimatichni zminy ta yikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy: monohrafiia. [Climate Change and Their Impact on the Economic Sectors of Ukraine : Monograph]. Odesa : TES, 520 p. [in Ukrainian].
 2. Balabukh V. O., Tarariko O. H., Iliencko T. V., Velychko V. A. (2021) Vplyv zminy temperatury povitria na formuvannya vrozhaivosti silskohospodarskykh kultur v Ukraini na mezhi XX-XXI stolit (1981-2010 rr.). [Influence of Air Temperature Changes on Crop Yield Formation in Ukraine at the Turn of the 20th and 21st Centuries (1981–2010)]. *Silskohospodarska nauka ta praktyka*, 8(3), 71–87. <https://doi.org/10.15407/agrisp8.03.071> [in Ukrainian].
 3. Tarariko O. H., Iliencko T. V., Kuchma T. L. (2016) Vplyv zmin klimatu na produktyvnist ta valovi zbory zernovykh kultur: analiz ta prohnoz. [Impact of Climate Change on the Productivity and Gross Harvest of Cereal Crops: Analysis and Forecast]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*, 1, 14–22. <https://doi.org/10.15407/ugz2016.01.014> [in Ukrainian].
 4. Adamenko T. I. (2019) Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram. [Climate Change and Agriculture in Ukraine: What Farmers Should Know]. Kyiv : Nimetsko-ukrainskyi ahropolitychnyi dialoh, 36. <https://dspace.organic-platform.org/items/3143ad68-8a9d-4a41-942a-798b2d7d72e5> [in Ukrainian].
 5. Danilova N. V. (2020) Vplyv zmin klimatu na produktyvnist prosa v Lisostepovii zoni Ukrainy. [Impact of Climate Change on Millet Productivity in the Forest-Steppe Zone of Ukraine.]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, 25, 63–73. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.06> [in Ukrainian].
 6. Vozhehova R. A., Netis I. T., Onufra L. I., Sakhatskyi H. I., Sharata N. H. (2021) Zmina klimatu ta arydyzatsiia Pivdennoho Stepu Ukrainy. [Climate Change and Aridization of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 7, 16–24. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.3> [in Ukrainian].
 7. Lobell D. B., Schlenker W., Costa-Roberts J. (2011) Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616–620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
 8. Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M., Chambers R. G., Lobell D. B. (2021) Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, 11(4), 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>
 9. Rosenzweig C., Elliott J., Deryng D., Ruane A. C., Müller C., Arneth A., Boote K. J., Folberth C., Glotter M., Khabarov N. et al. (2014) Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9), 3268–3273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222463110>
 10. Challinor A. J., Watson J., Lobell D. B., Howden S. M., Smith D. R., Chhetri N. (2014) A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287–291. <https://doi.org/10.1038/nclimate2153>
 11. Asseng S., Ewert F., Martre P., Rötter R. P., Lobell D. B., Cammarano D. et al. (2015) Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5(2), 143–147. <https://doi.org/10.1038/nclimate2470>
 12. Zhao C., Liu B., Piao S., Wang X., Lobell D. B., Huang Y. et al. (2017) Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(35), 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
 13. IPCC. (2023) Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, H. Lee, J. Romero (Eds.). Geneva : IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
 14. Zhyhailo O. L., Vovach O. V., Tolmachova A. V., Kostyukievych T. K. (2021) Vplyv zmin klimatu na urozhainist soniashnyku v Pivnichnomu Stepu Ukrainy: analiz i prohnoz. [Impact of Climate Change on Sunflower Yield in the Northern Steppe of Ukraine: Analysis and Forecast.]. *Naukovyi prohres ta innovatsii*, 1, 180–186. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22> [in Ukrainian].
 15. Zhyhailo T. S., Zhyhailo O. L. (2026) Otsinka produktyvnosti posiviv soniashnyku v stepovii zoni Ukrainy za klimatichnymi stsennariiamy RCP. [Assessment of Sunflower Crop Productivity in the Steppe Zone of Ukraine under RCP Climate Scenarios]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 148(1), 213–220. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.24> [in Ukrainian].

16. Zhyhailo, O. L., Zhyhailo, T.S. (2017) Modeliuvannia produktivnosti soniashnyku v umovakh maibutnikh zmin klimatu v Ukraini za stsensariamy antropohennoho vplyvu RCP. [Modeling Sunflower Productivity under Future Climate Change in Ukraine Based on RCP Anthropogenic Forcing Scenarios.] *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, 20, 71–78. <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2115> [in Ukrainian].
17. Zhyhailo T.S., Zhyhailo O.L. (2026) Optymizatsiia vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi z urakhuvanniam stsensariu RCP8.5 v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. [Optimization of Winter Wheat Cultivation under the RCP 8.5 Scenario in the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 36, 113–119. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2026.36.16> [in Ukrainian].
18. Adamenko T.I., Kulbida M.I., Prokopenko A.L. (2019) Ahroklimatechnyi dovidnyk po terytorii Ukrainy: (1986–2015 rr.) [Agroclimatic Reference Book for the Territory of Ukraine (1986–2015)]. Zhytomyr : «Polissia», 82 p. [in Ukrainian].
19. Stepanenko S. M., Polovyi A. M. ta in. (2018) Klimatchni ryzyky funktsionuvannia haluzei ekonomiky Ukrainy v umovakh zminy klimatu: monohrafiia. [Climate Risks to the Functioning of Ukraine's Economic Sectors under Climate Change: Monograph]. Odesa : «TES», 546 p. [in Ukrainian].

Жигайло Т.С., Жигайло О.Л., Барсукова О.А.
Вплив прогнозованих змін клімату на продуктивність соняшнику в умовах природного та регульованого вологозабезпечення Півдня України

Мета дослідження – оцінити вплив прогнозованих змін агрокліматичних умов на формування продуктивності посівів і врожайності соняшнику в Південному регіоні України за умов природного та регульованого вологозабезпечення із застосуванням математичного моделювання та визначити ефективність зрошення як адаптаційного заходу до змін клімату. **Методи.** Дослідження виконано із застосуванням математичних моделей MODSON-7 («Водно-тепловий режим і продуктивність соняшнику») та MODSOL-6 («Формування продуктивності сільськогосподарських культур в умовах зрошення»). Моделювання проведено для базового кліматичного періоду 1986–2015 рр. та прогнозованого періоду 2026–2050 рр. за сценарієм RCP 8.5 для природно-кліматичних підзон Північного і Південного Степу України. Оцінювали агрокліматичні умови вегетації, показники водного режиму посівів, індекс листової поверхні, накопичення сухої біомаси, формування генеративних органів та врожайність соняшнику. Для умов зрошення виконано оцінювання ефективності розрахункового режиму зрошення за різних рівнів посушливості. **Результати.** Встановлено, що прогнозовані зміни клімату зумовлюють істотну просторову диференціацію умов вирощування соняшнику. У Північному Степу очікується покращення вологозабезпечення на початкових етапах вегетації, що сприятиме збільшенню індексу листової поверхні з 1,35 до 2,19 м²/м², загальної сухої біомаси – з 426,07 до 624,71 г/м² та врожайності насіння – з 1,7 до 2,3 т/га. У Південному Степу, навпаки, посилення аридизації клімату призведе до зниження

індексу листової поверхні до 0,69 м²/м², скорочення накопичення біомаси та зменшення врожайності до 0,6 т/га. Показано, що підтримання оптимального рівня зволоження ґрунту протягом вегетаційного періоду забезпечує стабілізацію водного режиму посівів, сприяє повнішій реалізації продукційного потенціалу соняшнику та дозволяє підвищити врожайність у 2,5–3,0 рази порівняно з неполивними умовами навіть за розвитку надзвичайної посухи. **Висновки.** Реакція соняшнику на прогнозовані кліматичні зміни визначається насамперед рівнем природного вологозабезпечення території. Зрошення є ефективним адаптаційним заходом, що забезпечує стабілізацію продукційного процесу, зменшує негативний вплив водного стресу та підвищує стійкість агровиросництва до подальшої аридизації клімату.

Ключові слова: математичне моделювання, агрокліматичні умови, аридизація клімату, водний режим, адаптаційні заходи, продукційний процес, урожайність, степова зона.

Zhygailo T.S., Zhygailo O.L., Barsukova O.A.
Impact of projected climate change on sunflower productivity under rainfed and irrigated conditions in Southern Ukraine

Purpose. To assess the impact of projected agroclimatic changes on sunflower crop productivity and yield in Southern Ukraine under natural and regulated water supply using mathematical modelling, and to determine the effectiveness of irrigation as an adaptation measure to climate change. **Methods.** The study employed the MODSON-7 (Water-Thermal Regime and Sunflower Productivity) and MODSOL-6 (Crop Productivity Formation under Irrigation) simulation models. Calculations were performed for the baseline climate period (1986–2015) and the projected period (2026–2050) under the RCP 8.5 climate scenario for the Northern and Southern Steppe subzones of Ukraine. Agroclimatic conditions, crop water regime, leaf area index, dry biomass accumulation, reproductive organ formation and seed yield were evaluated. Irrigation efficiency was additionally assessed under different drought intensities. **Results.** The simulations revealed pronounced spatial differences in sunflower response to projected climate change. In the Northern Steppe, improved moisture availability during the early growing season is expected to increase leaf area index from 1.35 to 2.19 m²/m², total dry biomass from 426.07 to 624.71 g/m² and seed yield from 1.7 to 2.3 t/ha. In contrast, intensified aridisation in the Southern Steppe will reduce leaf area index to 0.69 m²/m², substantially decrease biomass accumulation and lower seed yield to 0.6 t/ha. The study demonstrated that maintaining optimal soil moisture throughout the growing season stabilises the crop water regime, enhances the realization of sunflower production potential, and increases seed yield by 2.5–3.0-fold compared with rainfed conditions, even under extreme drought. **Findings.** The response of sunflower to projected climate change is primarily controlled by natural moisture availability. Irrigation is an effective climate adaptation measure that stabilises crop productivity, mitigates water stress and enhances the resilience of agricultural production under increasing climatic aridity.

Key words: mathematical modelling, agroclimatic conditions, climatic aridisation, water regime, adaptation measures, crop production process, seed yield, steppe zone.

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ЕФЕКТИВНІСТЬ ХІМІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ФУНГІЦИДІВ У КОНТРОЛЮВАННІ МІКОЗІВ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

ЗАПОЛЬСЬКА Н.М. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-8356-3228

ШЕНДРИК К.М. – кандидат біологічних наук, доцент
orcid.org/0000-0001-8356-3228

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

СТОРОЖИК Л.І. – доктор сільськогосподарських наук, професорка
orcid.org/0000-0003-1587-1477

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

КУЛИК Г.А. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-7062-3842

Центральноукраїнський національний технічний університет України

Постановка проблеми. Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) традиційно залишається однією з найбільш рентабельних, але водночас і найвибагливіших технічних культур в аграрному секторі. Проблема стабільності врожайності та технологічних показників якості культури має особливе значення через значну залежність від агроєкологічних умов та технології вирощування. Важливе місце серед агротехнічних заходів займає застосування фунгіцидів у критичні періоди росту та розвитку рослин, що дає змогу ефективно контролювати поширення хвороб та підтримувати продуктивність агроценозів [1, 2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Отримання високого врожаю коренеплодів із високими показниками цукристості (дигестії) – це завжди результат поєднання елементів технології вирощування культури, в основі яких – збереження здорового листового апарату [4]. Цукор утворюється в листі шляхом фотосинтезу, потім транспортується до коренів і зберігається в судинних тканинах [5]. Тому саме листя є головним пріоритетом у накопиченні цукру в рослині. Листки цукрових буряків складають близько 20–30% маси рослини і є основним органом, в якому відбувається фотосинтез. Хвороби листя, серед яких найважчими є церкоспороз, борошниста роса, рамуляріоз та пероноспороз, здатні за лічені тижні зруйнувати фотосинтетичний потенціал агроценозу [6, 7]. Передчасне відмирання листків змушує рослину витрачати енергію на регенерацію нового листя за рахунок цукрів, накопичених у коренеплоді, що призводить до колосальних економічних збитків. За даними фітопатологічних досліджень, сильне ураження листового апарату цукрових буряків церкоспорозом без належного контролю може знизити врожайність на 30–50%, а вміст цукру – на 2–4% [1, 8]. Упродовж останніх десятиліть єдиним надійним захистом для культури були хімічні фунгіциди. Вони й сьогодні демонструють потужний оздоровчий ефект і здатні швидко зупинити епіфітотію [9, 10]. Водночас сучасне буряківництво опинилося в нових реаліях, які

відображаються у високій ступені резистентності: патогени стрімко звикають до популярних діючих речовин (зокрема, триазолів та стробілуринів). Також посилюються європейські та внутрішні вимоги щодо зниження пестицидного навантаження на ґрунт і довкілля [11]. У пошуках компромісу між радикальним захистом та екологізацією виробництва увага агрономів усе частіше прикута до біофунгіцидів – препаратів на основі живих культур бактерій, грибів-антагоністів та їхніх метаболітів. Вони пропонують принципово інший, профілактичний підхід до захисту рослин і не викликають звикання у збудників хвороб [12, 13]. Кліматичні фактори найважливіші у розвитку хвороб, їх зміни призводять до захоплення територій новими патогенами та зникнення не конкурентноспроможних збудників хвороб [14, 15]. Зміна кліматичних умов, що спостерігається в останні десятиліття, призвели до зменшення розвитку таких хвороб, як пероноспороз та їржа цукрових буряків. А помірно теплі зими сприяють виживанню таких грибів, як *Cercospora beticola* Sacc, *Phoma betae* Bjorlig, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Erysiphe communis* (Van ha) Weltzien, що призводить до їх накопичення у ґрунті.

Листові хвороби цукрових буряків мають екологічну приуроченість до агрокліматичних зон, типів ґрунтів, географічного розташування.

Для розвитку захворювань на основі зміни біотичних чинників повинні одночасно збігатися наступні фактори: сприйнятливість рослини-господаря, наявність вірулентного патогенна-гриба, екологічні умови сприятливі для розвитку хвороби. Це називається – піраміда хвороби [16]. На сьогодні Slippers, (2020) у своїй праці пропонує трансформацію трикутника у п'ятикутну піраміду хвороби, яка включає взаємодію між п'ятьма факторами: господар, патоген, мікробіом, довкілля (клімат) та суспільство (діяльність людини). Автор доводить, що без урахування глобальних подорожей людини та агротехнологій неможливо спрогнозувати спалахи інфекцій [17].



Щоб попередити розвиток хвороб необхідно мати стійкі сорти, створити умови довкілля сприятливі для органогенезу рослин і несприятливі для поширення збудників, а в разі початку поширення хвороби, контролювати її за допомогою завчасного внесення хімічних і біологічних засобів захисту рослин. Тому необхідним є обґрунтування комплексного поєднання різних форм фунгіцидів у контролюванні хвороб листя, захисті асиміляційної площі рослин задля максимальної реалізації свого генетичного потенціалу продуктивності. Водночас новітні дослідження доводять, що використання біофунгіцидів оптимізує фізіолого-біохімічні процеси в посівах цукрового буряка. **Мета досліджень** – провести детальний порівняльний аналіз застосування хімічних та біологічних фунгіцидів проти хвороб листового апарату цукрових буряків, встановлення їх регуляційної дії і ефективності в різних агроекологічних умовах.

Методи та матеріали та досліджень. Дослідження проводили в 2021–2023 рр. в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України у лабораторії фітопатології та ентомології. Рослин відбирали на Веселоподільській ДСС (Полтавська обл.) – зона недостатнього зволоження та, Білоцерківській ДСС (Київська обл.) – зона нестійкого зволоження.

Польові досліді та встановлення дії хімічних та біологічних засобів захисту та їх ефективність проти збудників хвороб здійснювали за методикою: «Методики випробування і застосування пестицидів» [18].

Площа облікової ділянки у досліді з прояву хвороб листового апарату цукрових буряків становила 50 м² при 4-х кратній повторності. Закономірності прояву хвороб листового апарату цукрових буряків у різних агроекологічних зонах бурякосіяння України вивчали шляхом узагальнення даних обліків. Фітопатологічні дослідження проводилися відповідно стандарту ДСТУ 6058:2008 [19]. Обліки поширення та розвитку хвороб проводили при з'явленні перших плям і до кінця вегетації кожні 10–15 діб. Обліковували по 50 рослин у кожній з 4 повторностей варіанту. Облік розвитку церкоспорозу проводили за методикою [20]. Застосовували препарати: Сфера Макс (Bayer) – високоефективний комбінований мезостемно-системний фунгіцид задля профілактики та лікування грибкових захворювань від комплексу хвороб (іржа, борошниста роса, церкоспороз, рамуляріоз) на цукрових буряках. Діючі речовини: Трифлуксістробін (375 г/л) та Ципроконазол (160 г/л). Препарат Пропульс® 250 SE (Bayer) – системно-трансламінальний фунгіцид. Діючі речовини: Флуопірам (125г/л) та протіконазол (125г/л), суспензія. Має подвійний механізм дії: флуопірам порушує клітинне дихання патогенів, а протіконазол блокує синтез ергостеролу, що запобігає виникненню резистентності (стійкості), що зупиняє розвиток хвороб на ранніх стадіях і захищає посіви тривалий час. Склобіцид (Sclobicide®) (МП НВП «Долина») – це багатофункціональний препарат нового покоління, який поєднує властивості стимулятора росту, фунгіциду, інсектициду та акарициду. Діюча

речовина – нітрозаміщені гідроксипохідних аренів – (концентрація 36 г/л). Контактний компонент профілактичної дії з трансламінарними властивостями, пригнічує розвиток спор грибів та стримує поширення хвороб на початкових етапах.

У лабораторних умовах задля пророщення конідій на предметне скло наносилась крапля препарату, а після підсихання додавалась крапля суспензії конідій. Після цього скельце розміщували у вологу камеру. За контроль бралася спорова суспензія без препаратів. Спори пророщували при кімнатній температурі. Кожний день підраховували кількість пророслих та непророслих конідій. Відсоток конідій, що проросли розраховували за формулою Еббота.

Результати досліджень. За визначення фунгіцидної регуляції збудників хвороб листового апарату цукрових буряків хімічними препаратами Сфера Макс, Пропульс і біофунгіциду Склобіцид на проростання спор грибів *Cercospora beticola* та *Alternaria sp.* у лабораторних умовах (рис. 1) встановлено, що у грибів збудників хвороб відмічена різна чутливість по відношенню до фунгіцидів. Найбільше затримував проростання спор фунгіцид Пропульс – 25–36% пророслих конідій.

У варіанті, де використовували фунгіцид Сфера Макс цей показник становив 42–45%. При застосування біофунгіциду Склобіциду число пророслих конідій церкоспори було меншим на 45%, альтернарії на 24% порівняно до контролю.

Також досліджували фунгіцидне контролювання росту міцелію збудників альтернаріозу цукрових буряків (табл. 1). Слід відмітити, що починаючи з 3-тньої доби розвитку міцелію спостерігається гальмування росту колоній гриба досліджуваними фунгіцидами від 53,7 до 93,1%. На 12-ту добу ріст міцелію гриба *Alternaria sp.* гальмувався фунгіцидом Пропульс до 94,7%, фунгіцидом Сфера Макс – до 88,6%. Біофунгіцидом Склобіцидом мав меншу ефективність дії у гальмуванні розвитку колоній гриба *Alternaria sp.*, яка становила всього 35,2%. Різниця прояву процесу гальмування зумовлена різною природою діючих речовин, механізмами дії та цільовим призначенням досліджуваних препаратів. Зокрема біофунгіцид Склобіцид – це передусім регулятор росту рослин, який має додаткові фунгі-, інсектоакарицидні властивості (табл. 1).

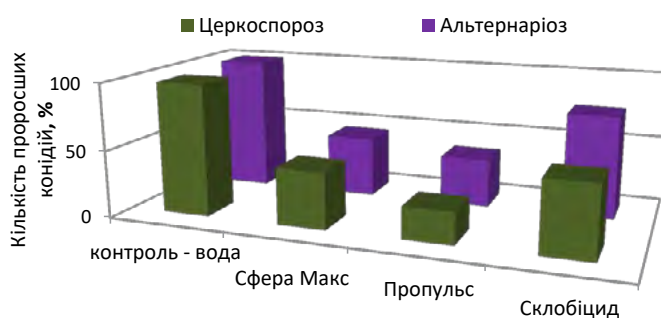


Рис. 1. Проростання спор грибів збудників хвороб листового апарату цукрових буряків за впливу досліджуваних фунгіцидів (2021–2023 рр.)

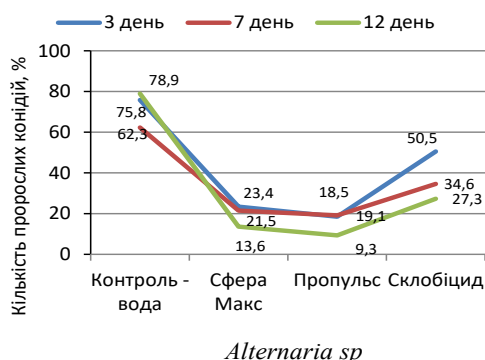
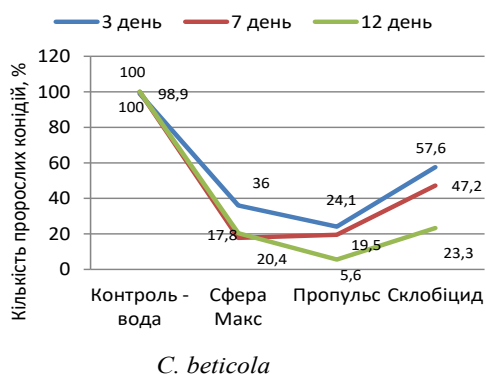
Таблиця 1

Гальмування росту міцелію гриба *Alternaria* sp. – збудника альтернاریозу цукрових буряків, (лабораторні дослідження), ІБКіЦБ, 2022–2024 рр.

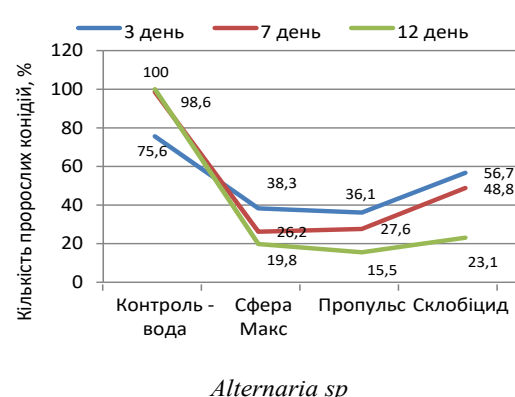
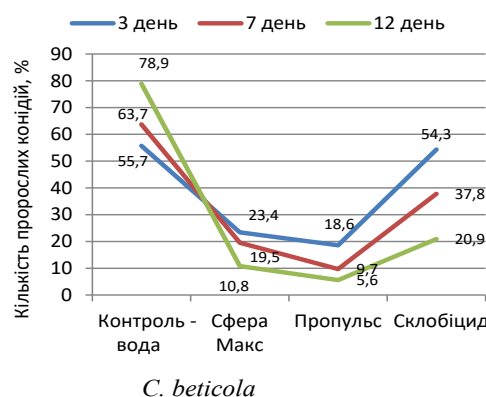
Фунгіциди	Концентрація розчину, %	Експозиція росту міцелію, діб					
		3-тя		7-ма		12-та	
		площа колонії, мм	гальмування росту, %	площа колонії, мм	гальмування росту, %	площа колонії, мм	гальмування росту, %
Пропульс	0	966,0	-	1075,8	-	2938,0	-
	0,1	65,5	93,2	98,4	90,9	157,3	94,7
Сфера Макс	0	867,2	-	1011,4	-	3371,6	-
	0,1	309,8	64,3	348,9	65,5	385,3	88,6
Склобіцид	0	835,0	-	1231,2	-	2158,0	-
	0,1	386,7	53,7	586,4	52,4	1399,5	35,2

Дія його прояву м'яка, спрямована на стимуляцію імунітету та фізіологічних процесів самої рослини, власна фунгіцидна активність є профілактичною та стримуальною, яка не здатна повністю локалізувати інфекційне вогнище всередині тканини листка. Фунгіциди Пропульс і Сфера Макс – це спеціалізовані, високотехнологічні хімічні препарати системної та мезостемної дії. Вони спроможні знищити патогенів, так як містять синергетичні комбінації найсильніших діючих речовин. Гриби роду *Alternaria* проникають глибоко всередину

листяного апарату цукрового буряка, руйнуючи клітини токсинами. Якщо міцелій гриба вже проник у тканину, контактний препарат Склобіцид стає малоефективним, так як локалізується на поверхні листка, пригнічуючи проростання спор на початкових етапах. Фунгіцид Пропульс (флуопірам + протіоконазол) блокує клітинне дихання гриба в мітохондріях, а протіоконазол зупиняє синтез ергостеролу (основи клітинних мембран гриба), викорінюючи навіть розвинений міцелій. Фунгіцид Сфера Макс (трифлорістеробін + ципроконазол):



Білоцерківська дослідно-селекційна станція



Веселоподільська дослідно-селекційна станція

Рис. 2. Вплив фунгіцидів на проростання конідій ізолятів грибів *Alternaria* sp. та *C. beticola*., відібраних у різних агроєкологічних зонах (лабораторні дослідження), середнє за 2022–2024 рр.

Хімічний компонент Трифлорксістробін міцно зв'язується з восковим шаром листка (мезостемна дія) і створює надійний захисний покрив, який не змивається дощами, а ципроконазол швидко рухається судинами рослини, забезпечуючи оздоровчий ефект.

За порівняльного аналізу фунгіцидної регуляції ізолятів грибів *C. beticola* та *Alternaria sp.*, відібраних у різних агроекологічних зонах, встановлено, що на третю добу кількість пророслих конідій гриба *C. beticola*, у варіантах з використанням препаратів, було меншим на 42% (в середньому), а конідій гриба *Alternaria sp.* – на 39% відповідно (рис. 2).

Водночас на 12 добу відмічається потужна гальмувальна дія фунгіцидів на проростання конідій досліджуваних грибів, відібраних із зони нестійкого зволоження (Білоцерківська ДСС). Так, число пророслих конідій *C. beticola* у варіантах, де застосовували Пропульс, Сфера Макс, Склобіцид було меншим відповідно на 94,4, 82,2, 76,7% і *Alternaria sp.* – 69,6, 65,3, 51,6%, порівняно з контролем. Також відмічено, що конідії гриба *C. beticola* відібрані у зоні Веселоподільської дослідно-селекційної станції виявились дещо стійкішими до фунгіцидів, ніж штами з Білоцерківської ДСС. Слід відмітити, що в обох ґрунтово-кліматичних зонах фунгіцид Пропульс забезпечив високу біофунгіцидну регуляцію збудників хвороб, так як кількість пророслих конідій становила всього 16,0 % (БЦДСС) та 18,9% (ВПДСС), на контролі цей показник становив – 86,0 та 78,8% відповідно. Отже, конідії гриба *C. beticola* виявились менш стійкими до дії фунгіцидів ніж спори *Alternaria sp.*, що обумовлює складність контролю альтернаріозу цукрових буряків у польових умовах.

Одночасно проводився моніторинг розвитку плямистостей цукрових буряків на природному інфекційному фоні. Упродовж останніх років спостерігали сприятливі погодні умови для розвитку плямистостей. Ураження цукрових буряків церкоспорозом, у середньому, на Білоцерківській ДСС (зона нестійкого зволоження) становила 85,7%, а на Веселоподільській ДСС (зона недостатнього зволоження) 72,7%, що було меншим майже на 13%. (табл. 2).

Слід відмітити, що у зоні недостатнього зволоження поширення і розвиток плямистостей був меншим. За роки проведення досліджень поширення хвороб листового апарату, в середньому, була меншою за обприскування агрофітоценозів цукрових буряків фунгіцидами у 2,5 рази.

У польових умовах обприскування посівів цукрових буряків фунгіцидами Пропульс та Сфера Макс забезпечувало високу ефективність контролю ураженості рослин культури плямистостями. Так, на Білоцерківській ДСС поширеність хвороб листового апарату у варіантах з цими препаратами в середньому знизилась на 20%, а розвиток на 8%. Використання фунгіциду Пропульс зменшило ураження рослин церкоспорозом до – 23,8%, порівняно з контролем, де зазначений показник становив 85,7%. Застосування препарату Сфера Макс знижувало ураження рослин альтернаріозом в 1,6 раза, фомозом в 2,3 та борошнистою росою в 2,7 рази. Так, за застосування біофунгіциду Склобіцид на БЦДСС відмічено зниження поширеності церкоспорозу на 41,1%, порівняно з контролем та на 20,8% більше, ніж у варіанті з еталоном (фунгіцид Пропульс). Так само і розвиток хвороби був на 22% менше ніж у контролі, що на

Таблиця 2

Прояв та розвиток плямистостей цукрових буряків у різних агроекологічних зонах, середнє за 2021–2024 рр.

Хвороби	Білоцерківська ДСС (зона нестійкого зволоження)		Веселоподільська ДСС (зона недостатнього зволоження)	
	поширення хвороби, %	розвиток хвороби, %	поширення хвороби, %	розвиток хвороби, %
Альтернаріоз	14,6	8,3	7,2	3,2
Церкоспороз	85,7	41,6	72,7	24,4
Фомоз	10,7	6,2	8,7	5,3
Борошниста роса	13,4	4,1	12,7	3,6

Таблиця 3

Ефективність дії препаратів на розвиток плямистостей цукрових буряків

Варіанти	Ефективність препаратів, %							
	Зона нестійкого зволоження (БЦДСС)				Зона недостатнього зволоження (ВПДСС)			
	Церкоспороз	Фомоз	Альтернаріоз	Борошниста роса	Церкоспороз	Фомоз	Альтернаріоз	Борошниста роса
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-
Пропульс 1,2 л/га	60,3	54,2	59,7	68,3	53,7	50,0	66,0	63,9
Сфера Макс, 0,4 л/га	56,3	49,5	56,5	63,4	44,3	37,5	62,3	50,0
Склобіцид, 3,75 л/га	52,8	36,1	37,1	41,5	25,5	25,0	50,9	33,6

5,5% більше ніж у варіанті з застосуванням фунгіциду Пропульс. В умовах Веселоподільської ДСС розвиток плямистостей за обприскування посівів фунгіцидами, був у двічі нижчим (в середньому), ніж у контролі. Поширення церкоспорозу за обприскування посівів цукрових буряків фунгіцидами було меншим ніж у контролі на 25,1–50,0%, а розвиток на 3,0–11,2%. У контролі ці показники становили відповідно 72,7 та 24,4%. За застосування фунгіциду Пропульс поширення та розвиток альтернаріозу становило 6,3% та 4,2%, що менше ніж у контролі (8,3 та 4,1%). Борошнистою росю у контролі було уражено 12,7% за розвитку хвороби 3,6%. Застосування фунгіциду Сфера Макс знижувало поширення хвороби до 4,7%, а розвиток до 2,1%. Обприскування цукрових буряків біофунгіцидом Склобіцид сприяло зменшенню ураження культури фомозом до 5,3% проти 10,5% у контролі, а розвиток відповідно 3,9 проти 6,2%. Ефективність застосування фунгіцидів проти комплексу хвороб листового апарату цукрових буряків на Білоцерківській ДСС коливалась у межах від 36,1% до 68,1% (табл. 3).

Так ефективність фунгіциду Пропульс проти церкоспорозу становила 60,3%, альтернаріозу – 59,7%, борошнистої роси – 68,3%. В умовах Веселоподільської ДСС ефективність застосування препарату Пропульс проти церкоспорозу становила 53,7%. Також препарат був ефективним проти борошнистої роси – 63,9% та альтернаріозу – 66,0%.

Висновки. Поширення і розвиток плямистостей на листках цукрових буряків у різних агроєкологічних зонах суттєво залежить від погодних умов, що є вирішальним фактором їх прояву.

Відмічено, що розвиток та поширення хвороб листового апарату різнилися за агроєкологічними зонами вирощування. Встановлено, що зона недостатнього зволоження (ВПДСС) поширення та розвитку альтернаріозу мала нище на 7%, церкоспорозу – на 13%, фомозу на – 2% порівняно з зоною нестійкого зволоження (БЦДСС). У захисті цукрових буряків проти плямистостей листового апарату перспективним є застосування препаратів Пропульс та Сфера Макс, що сприяє зниженню поширеності та розвитку церкоспорозу порівняно з контролем відповідно на 54 і 18,1% та 52,3 і 14,9%, альтернаріозу – на 8,2 і 11,2% та 5,1 і 2,6%, фомозу – на 5,8 і 5,9% та 6,2 і 3,6%, борошнистої роси – на 13,5 і 3,7% та 8,7 і 3,4%.

За епіфітотійного розвитку хвороб листя цукрового буряка альтернаріозом застосування тільки біофунгіциду Склобіцид не забезпечує надійного захисту. Препарат частково стримує інфекцію за рахунок підвищення природного імунітету буряка. Його доцільно використовувати для посилення дії хімічних фунгіцидів, зняття стресу з культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Запольська Н.М. Особливості розвитку плямистостей. *Цукрові буряки*, 2003. № 4. С. 13.
2. Ghazy, N., Shahin, A. A., & Mustafa, F. A. Effect of Some Mineral Elements on the Yield, Sugar Contents and Improving Resistance to Cercospora Leaf Spot of Sugar Beet. *Environment. Biodiversity and Soil*

- Security*. 2020, 4, 73–83. <https://doi.org/10.21608/jenvbs.2020.28240.1090>
3. Gouda M. I., El-Naggar A. A. Efficacy of some fungicides on controlling cercospora leaf spot and their impact on sugar beet yield components. *Journal of Plant Protection and Pathology*. 2014. 5(1), 79–87. <https://doi.org/10.21608/jppp.2014.87868>
4. Kaffka, S.R.; Grantz, D.A. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems; Van Alfen, N.K., Ed.; Academic Press: Oxford, UK, 2014; Volume 5, pp. 240–260.
5. Zicari, S.; Zhang, R.; Kaffka, S. Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019; pp. 331–351.
6. Goldman, I.L.; Janick, J. Evolution of Root Morphology in Table Beet: Historical and Iconographic. *Journal Frontiers in Plant Science*. 2021, 12, 689926. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.689926>
7. Безвиконний, П. В., Бахмат, М. І. Вплив мікродобрив та фунгіцидів на наростання маси коренеплодів та гички буряка кормового. *Таврійський науковий вісник: Сільськогосподарські науки*. 2025, № 1(141), С. 3–11 (укр.). <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.1>
8. Безвиконний, П., Мясковський, Р., Мулярчук, О., Тарасюк, В. Ефективність спільного застосування мікродобрив та фунгіцидів на посівах буряків. *Український екологічний журнал*. 2020, № 10(6), С. 28–37. https://doi.org/10.15421/2020_253.9
9. Radziemska, M., Brtnický, M., & Róžniak, E. Effect of Fungicide Protection of Sugar Beet Leaves (*Beta vulgaris* L.): Results of Many Years Experiments. *Agronomy*. 2023, 13(2), P. 346.18. DOI:10.3390/agronomy13020346
10. Кривенко, А. І., Карпук, Л. М. Ефективність обприскування посівів цукрових буряків фунгіцидами проти церкоспорозу в умовах центрального Лісостепу України. *Агробіологія*. 2013, 10 (100), С.68–73
11. Ons L., Bylemans, D., Thevissen K., Cammue, B.P.A. Combining Biocontrol Agents with Chemical Fungicides for Integrated Plant Fungal Disease Control. *Microorganisms*. 2020, 8, 1930. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121930>
12. Kappel, L.; Kosa, N.; Gruber, S. The Multilateral Efficacy of Chitosan and Trichoderma on Sugar Beet. *Journal Fungi*. 2022, 8, 137. <https://doi.org/10.3390/jof8020137>
13. Tedford E. C. Regev, a New Hybrid Fungicide for Control of Cercospora Leaf Spot on Sugar Beet. *Plant Health Progress*. 25(4) DOI:10.1094/PHP-07-24-0065-RS
14. Singh, B. K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J. E., Liu, H., & Trivedi, P. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nature Reviews Microbiology*. 2023, 21(10), 640–656. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7>
15. Lahlali, R., Taoussi, M., Laasli, S. E., Gachara, G., Ezzouggar, R., Belabess, Z., & Barka, E. A. Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions. *Crop and Environment*. 2024, 3(3), 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2024.05.003>
16. Leveau, J. H. J. Re-Envisioning the Plant Disease Triangle: Full Integration of the Host Microbiota and a Focal Pivot to Health Outcomes. *Annual Review*

- of *Phytopathology*. 2024, 62(1), 31–47. DOI: 10.1146/annurev-phyto-121423-042021
17. Slippers, B. The Plant Disease Pyramid: The relevance of the original vision of plant pathology in 2020. *South African Journal of Science*. 2020, 116(11/12), 1–3. <https://doi.org/10.17159/sajs.2020/9011>
 18. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Івашченко О. О. Методики випробування і застосування пестицидів. За ред. Трибеля С. О. Київ : Світ, 2001. 448 с.
 19. ДСТУ 6058:2008. Буряки цукрові. Методи визначення ураженості хворобами: [Чинний від 2010-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 6 с. (Національні стандарти України).
 20. Саблук В.Т., Шендрік Р.Я., Запольська Н.М. Шкідники і хвороби цукрових буряків. Київ : Колообіг, 2005. 448 с.
- REFERENCES:**
1. Zapolska N.M. (2003). Osoblyvosti rozvytku pliamystostei. [Features of the development of spotting]. *Tsukrovi buriaky*, 2003. №4. S. 13. [in Ukrainian].
 2. Ghazy, N., Shahin, A. A., & Mustafa, F. A. (2020). Effect of Some Mineral Elements on the Yield, Sugar Contents and Improving Resistance to Cercospora Leaf Spot of Sugar Beet. *Environment. Biodiversity and Soil Security*. 4, 73–83. <https://doi.org/10.21608/jenvs.2020.28240.1090>
 3. Gouda M. I., El-Naggar A. A. (2014). Efcacy of some fungicides on controlling cercospora leaf spot and their impact on sugar beet yield components. *Journal of Plant Protection and Pathology*. 5(1), 79–87. <https://doi.org/10.21608/jppp.2014.87868>
 4. Kaffka, S.R.; Grantz, D.A. (2014). Encyclopedia of Agriculture and Food Systems; Van Alfen, N.K., Ed.; Academic Press: Oxford, UK; Volume 5, pp. 240–260.
 5. Zicari, S., Zhang, R., & Kaffka, S. (2019). Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products; Academic Press: Cambridge, MA, USA; pp. 331–351.
 6. Goldman, I.L., Janick, J. (2021). Evolution of Root Morphology in Table Beet: Historical and Iconographic. *Journal Frontiers in Plant Science*. 12, 689926. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.689926>
 7. Bezvykonnyi, P. V., Bakhmat, M. I. (2025). Vplyv mikro-dobryv ta funhitsydiv na narostannia masy koreneploviv ta hychky buriaka kormovoho. [The influence of micro-fertilizers and fungicides on the growth of the mass of roots and tops of fodder beet] *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Silskohospodarski nauky*. № 1(141), S.3–11 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.1> [in Ukrainian].
 8. Bezvykonnyi, P., Mialkovskiy, R., Muliarchuk, O., & Tarasiuk, V. (2020). Efektyvnist spilnoho zastosuvannya mikro-dobryv ta funhitsydiv na posivakh buriakiv. [The effectiveness of the joint application of micro-fertilizers and fungicides on beet crops]. *Ukrainskyi ekolo-hichniy zhurnal*. № 10(6), S. 28–37. https://doi.org/10.15421/2020_253 [in Ukrainian].
 9. Radziemska, M, Brtnický, M, & Różniak, E. (2023). Effect of Fungicide Protection of Sugar Beet Leaves (*Beta vulgaris* L.): Results of Many Years Experiments. *Agronomy*. 13(2), P.346.18. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020346>
 10. Kryvenko, A. I., Karpuk, L. M. (2013). Efektyvnist obpryskuvannya posiviv tsukrovyykh buriakiv funhitsydami proty tserkospozu v umovakh tsentralnoho Lisostepu Ukrainy. [The effectiveness of spraying sugar beet crops with fungicides against cercospora in the conditions of the central forest-steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia*. 10 (100), S.68–73. [in Ukrainian].
 11. Ons L., Bylemans, D., Thevissen K., & Cammue, B.P.A. (2020). Combining Biocontrol Agents with Chemical Fungicides for Integrated Plant Fungal Disease Control. *Microorganisms*. 8, 1930. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121930>
 12. Kappel, L., Kosa, N., & Gruber, S. (2022). The Multi-lateral Efficacy of Chitosan and Trichoderma on Sugar Beet. *Journal Fungi*. 8, 137. <https://doi.org/10.3390/jof8020137>
 13. Tedford E. C. (2024). Regev, a New Hybrid Fungicide for Control of Cercospora Leaf Spot on Sugar Beet. *Plant Health Progress*. 25(4) DOI: <https://doi.org/10.1094/PHP-07-24-0065-RS>
 14. Singh, B. K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J. E., Liu, H., & Trivedi, P. (2023). Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nature Reviews Microbiology*. 21(10), 640–656. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7>
 15. Lahlali, R., Taoussi, M., Laasli, S. E., Gachara, G., Ezzougari, R., Belabess, Z., & Barka, E. A. (2024). Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions. *Crop and Environment*. 3(3), 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2024.05.003>
 16. Leveau, J. H. J. (2024). Re-Envisioning the Plant Disease Triangle: Full Integration of the Host Microbiota and a Focal Pivot to Health Outcomes. *Annual Review of Phytopathology*. 62(1), 31–47. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-121423-042021>
 17. Slippers, B. (2020). The Plant Disease Pyramid: The relevance of the original vision of plant pathology in 2020. *South African Journal of Science*. 116(11/12), 1–3. <https://doi.org/10.17159/sajs.2020/9011>
 18. Trybel S. O., Siharova D. D., Sekun M. P., & Ivashchenko O. O. (2001). Metodyky vyprobuvannya i zastosuvannya pestytsydiv. [Pesticide testing and application methods] Za red. Trybelia S. O. Kyiv: Svit, 2001. 448 s. [in Ukrainian]
 19. DSTU 6058:2008. (2010). Buriaky tsukrovi. Metody vyznachennia urazhenosti khvorobamy. [Sugar beets. Methods for determining disease severity]. [Chynnyi vid 2010-01-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 6 s. (Natsionalni standarty Ukrainy) [in Ukrainian].
 20. Sabluk V.T., Shendryk R.Ia., & Zapolska N.M. (2005). Shkidnyky i khvoroby tsukrovyykh buriakiv. [Pests and diseases of sugar beets]. Kyiv: Koloobih, 448 s. [in Ukrainian].

Запольська Н.М., Шендрік К.М., Сторожик Л.І., Кулик Г.А. Ефективність хімічних та біологічних фунгіцидів у контролюванні мікозів листкового апарату цукрових буряків

Мета статті. Дослідження впливу фунгіцидів та біофунгіцидів на збудників хвороб листкового апарату та визначення їх ефективності у різних агроєкологічних зонах. **Матеріали і методи.** Лабораторний, вимірювальний, розрахунково-порівняльний, аналізування, статистичний. **Результати.** Встановлено дію фунгіцидів Сфера Макс, Пропульс і біофунгіциду Склобіцид на проростання спор грибів *Cercospora beticola* та *Alternaria* sp. У грибів збудників хвороб відмічена різна чутливість по відношенню до фунгіцидів. Найбільше затримував проростання спор хімічний фунгіцид Пропульс – 25–36% пророслих конідій. У варіанті, де використовували фунгіцид Сфера Макс, показник становив 42–45%. При застосування біофунгіциду Склобіциду число пророслих конідій церкоспори було меншим на 45%, альтернарії на 24% порівняно до контролю. Ефективність застосування фунгіцидів проти комплексу хвороб листкового апарату цукрових буряків на у зоні не стійкого зволоження коливалась у межах від 36,1% до 68,%. Ефективність фунгіциду Пропульс проти церкоспорозу становила 60,3%, альтернаріозу 59,7%, борошнистої роси 68,3%. В умовах недостатнього зволоження ефективність застосування препарату Пропульс проти церкоспорозу становила 53,7%. Також препарат був ефективним проти борошнистої роси 63,9% та альтернаріозу 66,0%. **Висновки.** У захисті цукрових буряків проти плямистостей перспективним є застосування хімічних фунгіцидів Пропульс та Сфера Макс, що сприяє зниженню поширеності та розвитку церкоспорозу. Біофунгіцид Склобіцид не забезпечує надійного захисту, так як частково стримує інфекцію за рахунок підвищення природного імунітету буряка. Його доцільно використовувати для профілактичної регуляції поширення хвороб листкового апарату, стимуляції імунітету та фізіологічних процесів самої рослини.

Ключові слова: поширення, розвиток хвороби, конідії, міцелій, збудники, фунгіциди.

Zapolska H.M., Shendryk K.M., Storozhyk L.I., Kulyk G.A. Effectiveness of chemical and biological fungicides in controlling mycoses of the leaf apparatus of Sugar Beet

Purpose of the article. Study of the effect of fungicides and biofungicides on pathogens of leaf apparatus and determination of their effectiveness in different agro-ecological zones. **Materials and methods.** Laboratory, measurement, calculation-comparative, analysis, statistical. **Results.** The effect of the fungicides Sfera Max, Propuls and the biofungicide Sklobicide on the germination of spores of the fungi *Cercospora beticola* and *Alternaria* sp was established. Different sensitivity to fungicides was noted in the fungi causing the disease. The chemical fungicide Propuls delayed the germination of spores the most – 25–36% of germinated conidia. In the variant where the fungicide Sfera Max was used, the indicator was 42–45%. When using the biofungicide Sklobicide, the number of germinated conidia of *Cercospora* was 45% lower, *Alternaria* by 24% compared to the control. The effectiveness of the use of fungicides against the complex of diseases of the leaf apparatus of sugar beets in the zone of unstable moisture ranged from 36.1% to 68%. The effectiveness of the fungicide Propuls against *Cercospora* was 60.3%, *Alternaria* 59.7%, and Powdery mildew 68.3%. In conditions of insufficient moisture, the effectiveness of the drug Propuls against *Cercospora* was 53.7%. The drug was also effective against Powdery mildew 63.9% and *Alternaria* 66.0%. **Conclusions.** In the protection of sugar beets against spotting, the use of chemical fungicides Propuls and Sfera Max is promising, which helps reduce the prevalence and development of cercosporosis. The biofungicide Sklobicide does not provide reliable protection, as it partially inhibits the infection by increasing the natural immunity of beets. It is advisable to use it for preventive regulation of the spread of diseases of the leaf apparatus, stimulation of immunity and physiological processes of the plant itself.

Key words: spread, development of the disease, conidia, mycelium, pathogens, fungicides.

Дата першого надходження статті до видання: 25.06.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ЦИФРОВІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ ВОДНИМ РЕЖИМОМ ҐРУНТУ ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ЯГІДНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

КАРУНА В.В. – аспірант

orcid.org/0009-0005-6162-5391

Інститут водних проблем і меліорації

Національної академії аграрних наук України

ШАТКОВСЬКИЙ А.П. – доктор сільськогосподарських наук, професор,

член-кореспондент

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-4366-0397

Інститут водних проблем і меліорації

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Сучасний розвиток аграрного виробництва відбувається в умовах посилення кліматичних змін, що супроводжуються підвищенням середньорічної температури повітря, нерівномірністю розподілу атмосферних опадів та зростанням частоти посушливих періодів. У результаті цього проблема дефіциту водних ресурсів стає одним із ключових обмежувальних факторів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема ягідних насаджень [1, 2]. Особливо чутливою до коливань водного режиму ґрунту є ягідні культури, які характеризуються поверхневим розміщенням основної маси кореневої системи та високою інтенсивністю транспіраційних процесів у критичний період формування врожаю [3, 4].

Таким чином, в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу України ефективність вирощування ягідних культур значною мірою залежить від своєчасності та точності регулювання вологості кореневмісного шару ґрунту, що обумовлює необхідність впровадження сучасних підходів до управління режимами зрошення на основі цифрових технологій моніторингу агрофізичних параметрів ґрунту та фізіологічного стану рослин [5].

Класичні методи визначення строків і норм поливу базуються переважно на результатах періодичних польових вимірювань або розрахункових моделях визначення евапотранспірації, що не забезпечує оперативності прийняття управлінських рішень у динамічних погодних умовах [6].

У зв'язку з цим, впровадження цифрових сенсорних систем контролю вологості ґрунту, автоматизованих метеостанцій, супутникового моніторингу стану рослин та інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень є одним із найбільш перспективних напрямів підвищення ефективності використання поливної води у ягідництві [7, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оптимізації водного режиму ґрунту за вирощування ягідних культур досліджувались у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних учених. Зокрема встановлено, що підтримання вологості ґрунту на рівні 70–80% від НВ у період активного росту рослин забезпечує формування високого рівня продуктивності культури [9].

Дослідженнями встановлено, що використання краплинного зрошення дозволяє знизити витрати поливної води на 25–40% порівняно з дощуванням за одночасного підвищення врожайності культури [10].

Сучасні наукові роботи свідчать про високу ефективність застосування сенсорних технологій контролю вологості ґрунту типу TDR та FDR для управління режимами зрошення ягідних культур [11]. За результатами досліджень [12] встановлено, що використання автоматизованих систем управління зрошенням на основі моделей розрахунку евапотранспірації дозволяє зменшити витрати води на 18–35% без зниження врожайності культури. Аналіз літератури показав, що перспективним напрямом оптимізації режимів зрошення є використання супутникових індексів рослинності NDVI для оцінювання водного статусу посівів та прогнозування потреби рослин у воді [13].

Водночас, у науковій літературі недостатньо узагальнено питання комплексного використання цифрових технологій управління водним режимом ґрунту саме за вирощування ягідних культур в умовах Лісостепу України, що зумовлює актуальність проведення відповідних досліджень. Згідно проведених досліджень (ТОВ «Віплант», с. Вороньків, Київська обл.), культури: суниця садова, сорт «Румба», площа 1,0 га і лохина щиткова, сорт «Нельсон», площа 0,95 га, схема досліді:

1. Управління зрошенням – система Talgil.
 2. Управління зрошенням – метод Penman – Monteith з використанням Weather API віртуальної метеостанції «Visual Crossing Weather Data» (VCWD) <https://www.visualcrossing.com/>.
 3. Умовний контроль – без зрошення.
- було досягнуто результати, що відображені в Таблиці 1 і Таблиці 2.

Мета статті полягає в узагальненні сучасних цифрових підходів до управління водним режимом ґрунту за вирощування ягідних культур в умовах Лісостепу України та розроблення практичних рекомендацій щодо їх ефективного застосування у виробничих умовах.

Матеріали та методика досліджень. Для аналізу методів і підходів до управління водним режимом ґрунту за краплинного зрошення ягідних культур було



Таблиця 1

Облік урожаю суниці садової, ТОВ «Віплант», с. Вороньків, Київська обл.

Варіант управління зрошенням	1 декада червня	2 декада червня	3 декада червня	Разом	По відношенню до контролю:
«Talgil»	1,197	0,968	0,645	2,811	100,0%
«Penman-Monteith»	1,342	1,026	0,770	3,138	111,6%
Без зрошення	1,007	0,754	0,492	2,253	80,1%

Таблиця 2

Облік урожаю лохини щиткової, ТОВ «Віплант», с. Вороньків, Київська обл.

Варіант управління зрошенням	2 декада липня	3 декада липня	1 декада серпня	2 декада серпня	Разом	По відношенню до контролю:
«Talgil»	1,971	1,275	1,425	0,053	4,724	100,0%
«Penman-Monteith»	2,107	1,323	1,508	0,061	4,999	105,8%
Без зрошення	0,174	0,076	0,022	0,000	0,272	5,8%

проаналізовано відповідну тематичну наукову літературу. Матеріалами досліджень слугували результати вітчизняних та зарубіжних наукових публікацій, присвячених управлінню водним режимом ґрунту за вирощування ягідних культур в умовах краплинного зрошення, а також застосуванню цифрових технологій моніторингу вологості ґрунту та дистанційного контролю стану посівів. У процесі досліджень використано методи системного аналізу, порівняння, узагальнення та інтерпретації результатів польових експериментів, представлених у науковій літературі. Проведено оцінку ефективності застосування сенсорних технологій контролю вологості ґрунту, супутникових індексів рослинності та автоматизованих систем керування поливами для оптимізації водоспоживання ягідних культур. Особливу увагу приділено аналізу показників водопродуктивності, режимів краплинного зрошення та технологічних рішень щодо підвищення ефективності використання поливної води в умовах Лісостепу. Узагальнення результатів виконано на основі порівняльного аналізу даних щодо впливу різних підходів до управління зрошенням на водний режим ґрунту та продуктивність ягідних культур. Отримані результати систематизовано з метою формування практичних рекомендацій щодо використання цифрових технологій у системах краплинного зрошення ягідних культур.

Результати досліджень. Ягідні культури характеризуються підвищеною чутливістю до змін водного режиму ґрунту, що зумовлено морфологічними особливостями її кореневої системи та високою інтенсивністю транспірації протягом вегетаційного періоду [3, 4]. Основна маса кореневої системи таких рослин розміщується

у верхньому шарі ґрунту на глибині 0–30 см, що обмежує можливість використання глибших запасів ґрунтової вологи та зумовлює необхідність підтримання стабільної вологості саме в цьому горизонті [15].

Найбільш критичними щодо дефіциту вологи є періоди бутонізації, цвітіння і формування ягід. У зазначені фази навіть короточасне зниження вологості ґрунту за межі оптимального (табл. 3) призводить до зменшення маси ягід, зниження кількості зав'язі і погіршення товарних показників продукції [9]. Згідно з результатами досліджень, евапотранспірація ягідних культур залежно від погодних умов та технології вирощування становить від 350 до 550 мм за вегетаційний період залежно від ґрунтово-кліматичної зони, погодних умов, сортових особливостей та агротехнології вирощування [10].

За цього коефіцієнт водоспоживання культури варіюється залежно від фази розвитку:

- початок вегетації: 0,4–0,6;
- цвітіння: 0,7–0,9;
- формування ягід: 1,0–1,2;
- післязбиральний період: 0,5–0,7 [11].

Особливістю формування водного режиму ґрунту під насадженнями ягідних культур є його значна варіабельність у межах кореневмісного шару, що обумовлено локальним характером краплинного зволоження, неоднорідністю гранулометричного складу ґрунтів, впливом мульчування, мікрорельєфом ділянки [12]. В умовах Лісостепу України додатковим фактором ризику є нерівномірність атмосферного зволоження протягом вегетаційного періоду, що підсилює необхідність застосування систем оперативного моніторингу вологості ґрунту [5]. Таким чином, підтримання оптимального водного

Таблиця 3

Оптимальні параметри вологості ґрунту ягідних культур за фазами розвитку рослин [3, 4, 9, 15]

Фаза розвитку	Глибина контролю, см	Оптимальна вологість, % НВ	Особливості водоспоживання
Початок вегетації	0–20	65–70	активізація коренеутворення
Бутонізація	0–30	70–75	формування генеративних органів
Цвітіння	0–30	75–80	критичний період
Формування ягід	0–40	75–80	максимальна евапотранспірація
Дозрівання	0–40	70–75	стабілізація водного режиму
Післязбиральний період	0–30	65–70	відновлення рослин

режиму ґрунту є ключовим чинником формування високої продуктивності ягідних культур, що зумовлює необхідність застосування сучасних методів контролю та управління процесами зволоження.

У практиці вирощування ягідних культур для визначення строків проведення поливів традиційно використовуються лабораторні, польові та розрахункові методи контролю вологості ґрунту [6]. Найбільш поширеним є термостатно-ваговий метод визначення вологості ґрунту, який характеризується високою точністю результатів вимірювань, однак має значну трудомісткість і не забезпечує оперативності отримання інформації [16]. Для оперативного контролю вологості ґрунту широко застосовуються тензіометричні методи, що дозволяють визначати потенціал ґрунтової вологи безпосередньо в польових умовах [17]. Розрахункові методи визначення строків проведення поливів базуються на використанні показників евапотранспірації рослин, що визначаються за даними метеорологічних спостережень [12].

До основних розрахункових підходів належать:

- метод водного балансу;
- біокліматичний та біофізичний методи;
- метод коефіцієнтів водоспоживання;
- метод евапотранспірації.

Зазначені методи (табл. 4) широко використовують у виробничій практиці завдяки простоті застосування, проте вони не враховують просторову неоднорідність зволоження ґрунту в межах поля, що обмежує їх ефективність за використання локальних способів зрошення, зокрема – краплинного [18].

Крім того, класичні методи не дозволяють здійснювати безперервний моніторинг стану вологості ґрунту в режимі реального часу, що ускладнює оперативне прийняття управлінських рішень щодо оптимізації режимів зрошення [7].

У зв'язку з цим, у сучасних умовах розвитку точного землеробства значного поширення набувають цифрові технології контролю водного режиму ґрунту, що забезпечують підвищення ефективності використання поливної води та стабілізацію продуктивності ягідних культур.

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності управління водним режимом ґрунту за вирощування ягідних культур є використання цифрових сенсорних систем моніторингу вологості ґрунту, які забезпечують можливість оперативного отримання інформації про стан кореневмісного шару в режимі реального часу [7, 11].

Сучасні цифрові системи контролю вологості ґрунту базуються на визначенні діелектричної провідності, капілярного (всисного тиску) ґрунту, як параметрів, які тісно корелюють з умістом доступної води та дозволяють здійснювати безперервний моніторинг водного режиму на різних глибинах кореневмісного шару [19].

Найбільш поширеними в практиці точного землеробства є сенсори таких типів:

- TDR (Time Domain Reflectometry);
- FDR (Frequency Domain Reflectometry);
- ємнісні сенсори;
- цифрові автоматизовані тензіометри;
- сенсори матричного потенціалу ґрунтової вологи типу Watermark.

Сенсори типу TDR забезпечують високу точність визначення об'ємної вологості ґрунту незалежно від його гранулометричного складу, що робить їх ефективними для використання в системах управління краплинним зрошенням ягідних культур [11]. Сенсори типу FDR характеризуються високою швидкістю вимірювання та можливістю інтеграції в автоматизовані системи управління поливами, що дозволяє використовувати їх у складі інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень щодо проведення поливів [20]. Ємнісні сенсори вологості ґрунту мають нижчу вартість порівняно з TDR та FDR, що забезпечує їх широке використання у виробничих умовах середніх та малих господарств [23]. Перспективним напрямом цифрового моніторингу є застосування сенсорів матричного потенціалу ґрунтової вологи типу Watermark, які дозволяють визначати доступність води для рослин та ефективно використовуються при управлінні режимами краплинного зрошення ягідних культур [22].

Результати досліджень свідчать, що використання цифрових сенсорних систем моніторингу вологості ґрунту дозволяє:

- зменшити витрати поливної води на 20–35%;
- підвищити врожайність ягідних культур на 15–25%;
- забезпечити стабільність водного режиму кореневмісного шару ґрунту;
- знизити витрати електроенергії на проведення поливів [12, 19].

Особливо ефективним є використання сенсорів вологості ґрунту у поєднанні з автоматизованими системами управління зрошенням, що дозволяє реалізувати принципи точного землеробства за вирощування ягідних культур в умовах Лісостепу України [7].

Таблиця 4

Порівняльна характеристика традиційних методів контролю вологості ґрунту [6, 12, 16–18]

Метод	Точність	Оперативність	Трудомісткість	Можливість автоматизації	Використання за краплинного зрошення
Термостатно-ваговий	висока	низька	висока	відсутня	обмежене
Тензіометричний	середня	середня	середня	часткова	ефективне
Метод водного балансу	середня	середня	низька	часткова	ефективне
Біокліматичний метод	середня	середня	низька	часткова	ефективне
Розрахунковий метод визначення евапотранспірації	висока	висока	низька	висока	високоефективне

Таблиця 5

Порівняльна характеристика цифрових сенсорів вологості ґрунту [11, 19–22]

Тип сенсора	Принцип роботи	Точність	Вартість	Автоматизація	Доцільність використання
TDR	час проходження електромагнітного імпульсу	дуже висока	висока	повна	висока
FDR	частотний аналіз діелектричної проникності	висока	середня	повна	висока
Ємнісний	зміна ємності середовища	середня	низька	повна	середня
Watermark	матричний потенціал	середня	низька	часткова	висока
Цифровий тензіометр	потенціал ґрунтової вологи	висока	середня	часткова	висока

Важливим елементом цифрового управління режимами зрошення є використання моделей розрахунку евапотранспірації рослин за даними автоматизованих інтернет-метеостанцій [12]. Найбільш поширеною у світовій практиці є модель розрахунку референтної евапотранспірації за методом Penman–Monteith, рекомендована FAO як базова для планування режимів зрошення. У цифрових системах управління поливами зазначену модель використовує для прогнозування потреби рослин у воді з урахуванням:

- температури повітря;
- швидкості вітру;
- відносної вологості повітря;
- сонячної радіації.

У практиці вирощування ягідних культур використання моделей прогнозування евапотранспірації дозволяє оптимізувати строки проведення поливів та підвищити ефективність використання водних ресурсів на 18–30% [12].

Використання методу Penman–Monteith для розрахунку евапотранспірації у поєднанні з коефіцієнтами водоспоживання культури дозволяє визначати фактичну потребу ягідних культур у зрошувальній воді на різних етапах її розвитку та формувати оптимальний графік проведення поливів. Особливо ефективним є поєднання розрахункових моделей евапотранспірації з даними сенсорного моніторингу вологості ґрунту, що забезпечує підвищення точності управління водним режимом кореневмісного шару ґрунту в умовах нестійкого зволоження Лісостепу України.

Одним із перспективних напрямів цифровізації управління водним режимом ґрунту є застосування технологій дистанційного зондування Землі, що дозволяють здійснювати оперативний контроль фізіологічного стану рослин на основі аналізу спектральних характеристик рослинного покриву [13].

Найбільш інформативним показником оцінювання стану посівів є нормалізований диференційний вегетаційний індекс NDVI, який використовується для визначення інтенсивності фотосинтетичної активності рослин та їх забезпеченості водою. Результати досліджень свідчать, що зниження значень NDVI до рівня нижче 0,65 у період формування ягід може свідчити про розвиток водного стресу рослин ягідних культур та необхідність проведення коригувальних поливів [22]. Використання супутникових даних програм спостереження Землі дозволяє здійснювати просторовий моніторинг стану насаджень із високою періодичністю та

забезпечує можливість своєчасного прийняття управлінських рішень щодо оптимізації режимів зрошення [13]. Особливо ефективним є використання супутникових платформ програми European Space Agency, зокрема супутників Sentinel-2, які забезпечують отримання мультиспектральних зображень із просторовою роздільною здатністю до 10 м та періодичністю повторного покриття території 5 діб. Використання супутникових індексів рослинності дозволяє:

- визначати просторову неоднорідність водозабезпечення рослин;
- оцінювати ефективність проведених поливів;
- прогнозувати розвиток водного стресу;
- оптимізувати графіки проведення поливів [22].

Таким чином, інтеграція супутникового моніторингу у систему управління водним режимом ґрунту забезпечує підвищення точності прийняття управлінських рішень за вирощування ягідних культур.

Подальший розвиток систем управління водним режимом ґрунту пов'язаний із впровадженням технологій Інтернету речей (IoT), що забезпечують інтеграцію сенсорних систем моніторингу, автоматизованих метеостанцій та програмного забезпечення підтримки прийняття рішень у єдину цифрову платформу управління зрошенням [20]. IoT-системи управління зрошенням функціонують за принципом безперервного збору, передачі та аналізу інформації щодо:

- вологості ґрунту;
- температури повітря;
- відносної вологості повітря;
- швидкості вітру;
- сонячної радіації.

У результаті інтеграції зазначених параметрів формується автоматизований алгоритм визначення строків проведення вегетаційних поливів, що дозволяє забезпечити підтримання оптимального водного режиму ґрунту протягом усього періоду вегетації ягідних культур [19]. За результатами узагальнення матеріалів міжнародних досліджень встановлено, що використання IoT-систем управління зрошенням дозволяє:

- зменшити витрати води на 20–40%;
- знизити витрати електроенергії на 15–25%;
- підвищити врожайність культури на 12–28%;
- зменшити трудові витрати на управління поливами.

Особливо ефективним є використання IoT-рішень при впровадженні систем краплинного зрошення, що забезпечує локалізацію зволоження кореневмісного

шару ґрунту та підвищення ефективності використання зрошувальної води [10].

Економічна доцільність використання цифрових систем управління зрошенням визначається зниженням витрат поливної води, оптимізацією енергоспоживання та суттєвим підвищенням урожайності ягідних культур.

За результатами узагальнення матеріалів наукових досліджень встановлено, що впровадження цифрових систем управління зрошенням за вирощування ягідних культур дозволяє:

- зменшити витрати зрошувальної води на 18–35%;
- підвищити врожайність ягід на 12–28%;
- знизити витрати електроенергії на 15–22%;
- скоротити витрати ручної праці на 20–30% [12].

В умовах Лісостепу України використання цифрових систем управління зрошенням є особливо актуальним у зв'язку з нерівномірністю атмосферного зволоження та високою варіабельністю температурного режиму протягом вегетаційного періоду [5]. За результатами досліджень встановлено, що строк окупності сенсорних систем управління поливами становить у середньому 2–3 роки залежно від площі насаджень та рівня автоматизації системи [19]. Таким чином, застосування цифрових технологій управління водним режимом ґрунту забезпечує підвищення ефективності використання водних ресурсів та стабілізацію продуктивності насаджень ягідних культур в умовах Лісостепу України.

Висновки. Встановлено, що ягідні культури характеризуються підвищеною чутливістю до змін водного режиму ґрунту внаслідок поверхневого розміщення кореневої системи та високої інтенсивності транспіраційних процесів. Підтримання вологості кореневмісного шару ґрунту на рівні 85–90% від НВ у критичний період розвитку рослин забезпечує формування високого рівня продуктивності культур. Використання цифрових сенсорних систем моніторингу вологості ґрунту дозволяє підвищити точність управління режимами зрошення та зменшити витрати поливної води на 20–35%. Застосування моделей прогнозування евапотранспірації забезпечує оптимізацію строків проведення поливів та підвищує ефективність використання водних ресурсів. Використання супутникового моніторингу дозволяє здійснювати оперативний контроль водного статусу насаджень ягідних культур та своєчасно виявляти ознаки водного стресу рослин. Інтеграція IoT-систем управління поливами забезпечує автоматизацію процесів прийняття рішень щодо проведення поливів та зниження трудових витрат.

Визначено, що в умовах Лісостепу України застосування цифрових технологій управління водним режимом ґрунту забезпечує підвищення врожайності ягідних культур на 12–28% та скорочення витрат водних ресурсів на 18–35%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56 / Allen R.G. et al. Rome: FAO, 1986. 333 p.
2. Doorenbos J., Pruitt W.O. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. Rome: FAO, 1992. 156 p.
3. Hoppula K., Salo T. Tensiometer-based irrigation scheduling in perennial strawberry cultivation. *Irrigation Science*. 2007. Vol. 25. P. 401–409. <https://doi.org/10.1007/s00271-006-0055-7>
4. Hanson B., Bendixen W. Drip irrigation evaluated in Santa Maria Valley strawberries. *California Agriculture*. 2004. Vol. 58. № 1. P. 48–53. <https://doi.org/10.3733/ca.v058n01p48>
5. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. Ромащенко М. І. та ін. *Меліорація та водне господарство*. 2020. № 1. С. 5–22.
6. Лозовіцький П.С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів : навчальний посібник. Київ: Київський університет, 2010. 276 с.
7. Jones H. G. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*. 2004. Vol. 55. № 407. P. 2427–2436. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh213>
8. Impacts of deficit irrigation on strawberry physiology, water productivity, quality and yield. Pingguo Y. et al. *Sustainability*. 2025. Vol. 17. №2. P. 675–686. <https://doi.org/10.3390/su17020675>
9. Розрахунок режимів зрошення сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / Доценко В.І. та ін. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 356 с.
10. Keller J., Bliesner R. D. Sprinkle and drip irrigation. New York : Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.
11. Soil water sensing for water balance, ET, and WUE. Evett S. R. et al. *Agricultural Water Management*. 2012. Vol. 104. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.002>
12. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. Pereira L. S. et al. *Agricultural Water Management*. 2015. Vol. 147. P. 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.031>
13. Bastiaanssen W. G. M., Molden D. J., Makin I. W. Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *Agricultural Water Management*. 2000. Vol. 46. № 2. P. 137–155. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00080-9)
14. ESA CCI Soil Moisture for improved Earth system understanding : state-of-the art and future directions. Dorigo W. A. et al. *Remote Sensing of Environment*. 2017. Vol. 203. P. 185–215. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.07.001>
15. Létourneau G., Caron J. Irrigation Management Scale and Water Application Method to Improve Yield and Water Productivity of Field-Grown Strawberries. *Agronomy*. 2019. Vol. 9 (6). 286 P. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060286>
16. Розвиток інтенсивних систем землеробства на зрошуваних землях України: науково-технологічне забезпечення : методичні рекомендації / Вожегова Р. А. та ін. Херсон : «Олді-Плюс», 2020. 254 с.
17. Shock C. C., Barnum J. M., Seddigh M. Calibration of watermark soil moisture sensors for irrigation management. Proceedings of the International Irrigation Show, San Diego, 1998. P. 139–146.
18. Dukes M. D., Zotarelli L., Morgan K. T. Use of irrigation technologies for vegetable crops in Florida. *HortTechnology*. 2010. Vol. 20 (1). P. 133–142. <https://doi.org/10.21273/horttech.20.1.133>

19. Kim Y., Evans R. G., Iversen W. M. Remote sensing and control of irrigation systems using wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2008. Vol. 57 (7). P. 1379–138. <https://doi.org/10.1109/TIM.2008.917198>
20. Zhang N., Wang M., Wang N. Precision agriculture: a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2002. Vol. 36. P. 113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)
21. Muñoz-Carpena R., Dukes M. D. Automatic irrigation based on soil moisture sensors for vegetable crops. *EDIS*. 2019. Vol. 2005 (8). <https://doi.org/10.32473/edis-ae354-2005>
22. Thompson R. B., Gallardo M., Valdez L. C. Using plant water status to define irrigation scheduling thresholds. *Agricultural Water Management*. 2007. Vol. 88 (1). P. 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.10.007>
23. Response of Two Inexpensive Commercially Produced Soil Moisture Sensors to Changes in Water Content and Soil Texture. Raper T. B. et al. *Agricultural Sciences*. 2015. Vol.6 (10). <http://doi.org/10.4236/as.2015.610110>
12. Pereira, L. S. et al. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. *Agricultural Water Management*. Vol. 147. P. 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.031>
13. Bastiaanssen, W. G. M., Molden, D. J., & Makin, I. W. (2000). Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *Agricultural Water Management*. Vol. 46. № 2. P. 137–155. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00080-9)
14. Dorigo W. A. et al. (2017). ESA CCI Soil Moisture for improved Earth system understanding: state-of-the art and future directions. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 203. P. 185–215. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.07.001>
15. Létourneau, G., & Caron, J. (2019). Irrigation Management Scale and Water Application Method to Improve Yield and Water Productivity of Field-Grown Strawberries. *Agronomy*. Vol. 9(6). 286 P. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060286>
16. Vozhehova, R. A. et al. (2020). Rozvytok intensyvykh system zemlerobstva na zroshuvanykh zemliakh Ukrainy: naukovo-tekhnologichne zabezpechennia [Development of intensive farming systems on irrigated lands in Ukraine: Scientific and Technological Support]. Kherson: «Oldi-Plus», 254 [in Ukrainian].
17. Shock, C. C., Barnum, J. M., & Seddigh, M. (1998). Calibration of watermark soil moisture sensors for irrigation management. Proceedings of the International Irrigation Show, San Diego. P. 139-146.
18. Dukes, M. D., Zotarelli, L., & Morgan, K. T. (2010). Use of irrigation technologies for vegetable crops in Florida. *HortTechnology*. Vol. 20 (1). P. 133–142. <https://doi.org/10.21273/horttech.20.1.133>
19. Kim, Y., Evans, R. G., & Iversen, W. M. (2008). Remote sensing and control of irrigation systems using wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. Vol. 57 (7). P. 1379–138. <https://doi.org/10.1109/TIM.2008.917198>
20. Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture: a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 36. P. 113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0)
21. Muñoz-Carpena, R., & Dukes, M. D. (2019). Automatic irrigation based on soil moisture sensors for vegetable crops. *EDIS*. Vol. 2005 (8). <https://doi.org/10.32473/edis-ae354-2005>
22. Thompson, R. B., Gallardo, M., & Valdez, L. C. (2007). Using plant water status to define irrigation scheduling thresholds. *Agricultural Water Management*. Vol. 88 (1). P. 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.10.007>
23. Raper, T. B. et al. (2015). Response of Two Inexpensive Commercially Produced Soil Moisture Sensors to Changes in Water Content and Soil Texture. *Agricultural Sciences*. Vol.6 (10). <http://doi.org/10.4236/as.2015.610110>

REFERENCES:

1. Allen, R.G. et al. (1986). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 333 p.
2. Doorenbos, J., & Pruitt, W.O. (1992). Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. Rome: FAO, 156 p.
3. Hoppula, K., & Salo, T. (2007). Tensiometer-based irrigation scheduling in perennial strawberry cultivation. *Irrigation Science*, 25. P. 401–409. <https://doi.org/10.1007/s00271-006-0055-7>
4. Hanson, B., & Bendixen, W. (2004). Drip irrigation evaluated in Santa Maria Valley strawberries. *California Agriculture*, 58, 1. P. 48–53. <https://doi.org/10.3733/ca.v058n01p48>
5. Romashchenko, M. I. et al. (2020). Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo [The impact of current climate change on water resources and agricultural production]. *Melioratsiia ta vodne hospodarstvo*, 1, 5–22 [in Ukrainian].
6. Lozovitskyi, P.S. (2010). Vodni ta khimichni melioratsii gruntiv [Hydrological and chemical soil improvement]. Kyiv : Kyiv University, 276 [in Ukrainian].
7. Jones, H.G. (2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 55. № 407. P. 2427–2436. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh213>
8. Pingguo, Y. et al. (2025). Impacts of deficit irrigation on strawberry physiology, water productivity, quality and yield. *Sustainability*. Vol. 17. № 2. P. 675–686. <https://doi.org/10.3390/su17020675>
9. Dotsenko B.I. et al. (2023). Rozrakhunok rezhymiv zroshennia silskohospodarskykh kultur [Calculation of irrigation regimes for agricultural crops]. Dnipro : DDAEU, 356 [in Ukrainian].
10. Keller, J., & Bliesner, R. D. (1990). Sprinkle and drip irrigation. New York : Van Nostrand Reinhold, 652 p.
11. Evett, S. R. et al. (2012). Soil water sensing for water balance, ET, and WUE. *Agricultural Water Management*. Vol. 104. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.002>
12. Каруна В.В., Шатковський А.П. Цифрові підходи до управління водним режимом ґрунту за краплиного зрошення ягідних культур в умовах Лісостепу України
13. Мета статті – дослідження сучасних наукових підходів до підвищення ефективності управління водним

режимом ґрунту за вирощування ягідних культур в умовах Лісостепу України із застосуванням цифрових технологій моніторингу та автоматизації поливів, а також оцінка їх впливу на оптимізацію водоспоживання, стабільність продуктивності насаджень і раціональне використання поливної води в системах краплинного зрошення. Особливу увагу приділено аналізу сучасних інструментів дистанційного контролю стану рослин і ґрунту, сенсорних систем визначення вологості, моделей планування режимів зрошення та інформаційно-аналітичних платформ підтримки прийняття рішень. **Методи дослідження.** У процесі досліджень використано методи системного аналізу, узагальнення, порівняння та інтерпретації результатів вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій щодо управління водним режимом ґрунту ягідних культур. Проведено оцінку ефективності застосування сенсорів вологості ґрунту різних типів, супутникових індексів рослинності (NDVI), моделей розрахунку евапотранспірації культур за методикою FAO-56, а також автоматизованих систем керування поливами на основі IoT – технологій. Здійснено порівняльний аналіз показників водоспоживання, водопродуктивності та урожайності ягідних культур за різних режимів зрошення та рівнів цифровізації технологічних процесів. **Результати дослідження.** Встановлено, що застосування цифрових підходів до управління водним режимом ґрунту забезпечує підвищення ефективності використання поливної води на 20–35%, зменшення непродуктивних втрат вологи та стабілізацію вологості кореневмісного шару ґрунту протягом критичних фаз розвитку рослин. Обґрунтовано доцільність використання сенсорних систем контролю вологості ґрунту, супутникового моніторингу стану посівів і програмних моделей планування режимів зрошення для підвищення точності визначення строків і норм поливу. Показано, що інтеграція цифрових інструментів у технології краплинного зрошення сприяє підвищенню водопродуктивності насаджень ягідних культур, оптимізації режимів водоспоживання та зниженню енергетичних витрат на проведення поливів. **Висновки.** Узагальнення результатів досліджень свідчить про високу ефективність використання цифрових технологій моніторингу та управління водним режимом ґрунту у системах краплинного зрошення ягідних культур в умовах Лісостепу України. Використання сенсорних систем, супутникових індексів рослинності та автоматизованих алгоритмів керування поливами забезпечує підвищення рівня ресурсозбереження, стабільності урожайності та покращення екологічної ефективності технологій вирощування ягідних культур. Запровадження зазначених підходів доцільно розглядати як один із ключових напрямів удосконалення сучасних систем управління водними ресурсами в ягідництві. Отримані результати можуть бути використані при розробці рекомендацій щодо цифровізації управління зрошенням ягідних культур у господарствах Лісостепу України.

Ключові слова: вегетаційний індекс NDVI, IoT – системи управління зрошенням, дистанційний моніторинг, евапотранспірація, точне землеробство.

Karuna V.V., Shatkovskiy A.P. Digital approaches to soil water regime management under drip irrigation of berry crops in the Forest-Steppe conditions of Ukraine

The purpose of the article is to examine modern scientific approaches to improving the efficiency of soil water management in berry crops cultivation in the Forest-Steppe region of Ukraine through the use of digital technologies for monitoring and automating irrigation, as well as to assess their impact on optimizing water consumption, ensuring stable crop yields, and promoting the rational use of irrigation water in drip irrigation systems. Particular attention is paid to the analysis of modern tools for remote monitoring of plant and soil conditions, sensor systems for determining moisture content, models for planning irrigation regimes, and information-analytical platforms for decision support.

Research methods. The research utilized methods of systematic analysis, generalization, comparison, and interpretation of results from domestic and international scientific publications on soil water management for berry crops. An assessment was conducted of the effectiveness of using various types of soil moisture sensors, satellite vegetation indices (NDVI), crop evapotranspiration calculation models based on the FAO-56 methodology, as well as automated irrigation control systems based on IoT technologies. A comparative analysis was conducted of water consumption, water productivity, and yield of garden berry crops under different irrigation regimes and levels of digitalization of technological processes. **Research results.** It has been established that the application of digital approaches to soil moisture management increases the efficiency of irrigation water use by 20–35%, reduces non-productive moisture losses, and stabilizes the moisture content of the root zone during critical phases of plant development. The feasibility of using sensor-based soil moisture monitoring systems, satellite crop condition monitoring, and software models for irrigation planning to improve the accuracy of determining irrigation timing and rates has been substantiated. It has been shown that the integration of digital tools into drip irrigation technology contributes to increased water productivity of berry crops plantings, optimization of water consumption regimes, and reduced energy costs for irrigation. **Conclusions.** A synthesis of the research results indicates the high effectiveness of using digital technologies for monitoring and managing soil water regimes in berry crops drip irrigation systems under the conditions of the Ukrainian Forest-Steppe. The use of sensor systems, satellite vegetation indices, and automated irrigation control algorithms ensures increased resource conservation, stable yields, and improved environmental efficiency of berry crop cultivation technologies. The implementation of these approaches should be considered one of the key directions for improving modern water resource management systems in berry cultivation. The results obtained can be used in developing recommendations for the digitalization of irrigation management for berry crops on farms in the Forest-Steppe region of Ukraine.

Key words: NDVI vegetation index, IoT irrigation control systems, remote monitoring, evapotranspiration, precision agriculture.

Дата першого надходження статті до видання: 08.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЛІ ФІТОФАГІВ, ФІТОПАТОГЕНІВ І БУР'ЯНІВ У ФІТОЦЕНОЗАХ

КЛЮЧЕВИЧ М.М. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2711-2566

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВИГЕРА С.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0005-5682-8856

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВЕНГЕР О.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-2213-4670

Інститут сільського господарства Полісся НААН

ЗАЛЕВСЬКИЙ Р.А. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-3704-3998

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ГОРЕЦЬКИЙ М.А. – студент спеціальності Н1 «Агрономія»
orcid.org/0009-0001-4416-0917

Державний університет «Житомирська політехніка»

Постановка проблеми. Фітоценози є складними екологічними системами, функціонування яких визначається взаємодією рослин, комах, мікроорганізмів, бур'янів і абіотичних чинників. Сучасна екологія розглядає рослинні угруповання як інтегровані системи, у яких кожен компонент виконує певні функції, забезпечуючи стабільність, продуктивність і саморегуляцію екосистем [1, 2].

Важливими складовими фітоценозів є фітоентомокомплекс, фітопатокомплекс і сегетальна рослинність, які істотно впливають на потоки енергії, кругообіг речовин, формування трофічних зв'язків і підтримання біорізноманіття. Бур'яни, поряд із негативним впливом на культурні рослини, є оселищем і джерелом живлення для багатьох видів комах, резервантами збудників хвороб, а також беруть участь у формуванні екологічної стійкості агроценозів.

Актуальність дослідження посилюється змінами клімату, інтенсифікацією аграрного виробництва, глобалізацією торгівлі та поширенням інвазійних видів. Підвищення температури повітря, зміна режиму опадів і подовження вегетаційного періоду сприяють зміні видового складу шкідників, патогенів і бур'янів, прискорюють їх розвиток і розширюють ареали поширення.

Фітофаги, ентомофаги, запилювачі, фітопатогенні мікроорганізми й бур'яни формують складну систему екологічних взаємозв'язків. Комахи часто є переносниками грибних, бактеріальних, вірусних і фітоплазмових інфекцій, тоді як бур'яни забезпечують збереження та поширення багатьох шкідливих організмів між вегетаційними сезонами. Водночас окремі мікроорганізми впливають на фізіологію комах, регулюючи їх чисельність і активність.

Особливої актуальності проблема набуває в агро-екосистемах, де спрощення сівозмін, монокультурне землеробство, надмірне застосування пестицидів і деградація природних біотопів порушують екологічну

рівновагу, сприяють розвитку резистентності шкідливих організмів і знижують стійкість агроландшафтів.

За сучасних умов фітоентомокомплекс, фітопатокомплекс і сегетальну рослинність доцільно розглядати не лише як об'єкти контролю, а як взаємопов'язані елементи екосистемної організації фітоценозів, що беруть участь у регуляції продуктивності, підтриманні біорізноманіття, природному доборі та забезпеченні екологічної стійкості рослинних угруповань. Це обґрунтовує необхідність екосистемного підходу до управління шкідливими організмами, заснованого на поєднанні біологічних, агротехнічних і цифрових методів моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження свідчать, що фітоентомокомплекс, фітопатокомплекс і сегетальна рослинність є взаємопов'язаними складовими будь-якого природного чи антропогенного фітоценозу. Вони формують складну систему трофічних, екологічних і еволюційних взаємозв'язків, забезпечують підтримання біорізноманіття, кругообіг речовин, регуляцію чисельності популяцій та екологічну стійкість рослинних угруповань [1–3].

Фітоентомокомплекс охоплює фітофагів, ентомофагів, запилювачів, сапрофагів і детритофагів, які беруть участь у природному біологічному контролі, запиленні, трансформації органічної речовини та ґрунтоутворенні. Ефективність цих процесів залежить від структури рослинного покриву, різноманіття кормової бази та наявності природних оселищ корисної ентомофауни [2, 4].

Фітопатокомплекс представлений грибами, бактеріями, вірусами, фітоплазмами, нематодами та іншими мікроорганізмами, які не лише спричиняють хвороби рослин, а й виконують важливі екологічні функції. Вони беруть участь у природному доборі, формуванні генетично стійких популяцій, трансформації органічної речовини, підтриманні рослинного мікробіому та біогеохімічних циклів. Водночас сучасні концепції фітопатобіому



розглядають розвиток хвороб як результат взаємодії рослини, комплексу мікроорганізмів і чинників довкілля [5, 6].

Важливою складовою фітоценозів є бур'яни, які, незважаючи на негативний вплив на культурні рослини, виконують низку екологічних функцій. Вони є резерваторами шкідників і збудників хвороб, забезпечують кормову базу та місця існування для фітофагів і запилювачів, впливають на видову структуру біоценозів і перебіг суцесійних процесів. Тому сегетальну рослинність доцільно розглядати як один із компонентів екосистемної організації агрофітоценозів [1].

Мета. Узагальнення сучасних теоретичних уявлень про роль фітофагів, фітопатогенів і бур'янів у функціонуванні фітоценозів, обґрунтування їх екологічних взаємозв'язків, впливу кліматичних змін на трансформацію фітосанітарних комплексів і визначення перспектив застосування інноваційних технологій їх моніторингу й прогнозування.

Результати досліджень. Сучасні дослідження доводять, що між шкідниками, патогенами, бур'янами та рослинами існує багаторівнева система взаємодій. Комахи є переносниками багатьох вірусних, бактеріальних і грибних інфекцій, патогени змінюють фізіологічний стан рослин і їхню привабливість для фітофагів, а бур'яни підтримують циркуляцію шкідливих організмів у агроценозах. Зміни клімату, інтенсифікація землеробства та поширення інвазійних видів посилюють ці взаємозв'язки, що зумовлює необхідність застосування екосистемного підходу до управління фітосанітарним станом із використанням сучасних цифрових технологій моніторингу та прогнозування.

Функціонування фітоценозів ґрунтується на складній системі біотичних взаємодій між рослинами, фітофагами, фітопатогенами та бур'янами, які формують єдину екологічну мережу. Характер цих взаємозв'язків визначається трофічними, конкурентними, алелопатичними та інфекційними процесами, що впливають на структуру, продуктивність і стійкість рослинних угруповань. Фітофаги та фітопатогени безпосередньо знижують життєздатність рослин, тоді як бур'яни не лише конкурують із культурними видами за ресурси середовища, а й виконують роль резерваторів шкідників і збудників хвороб. Водночас взаємодія між усіма компонентами має комплексний характер і може супроводжуватися як синергетичними, так і антагоністичними ефектами, що визначають фітосанітарний стан агроценозів і природних фітоценозів. Саме тому аналіз системи «рослина – фітофаг – фітопатоген – бур'ян» є важливою теоретичною основою для розуміння механізмів функціонування фітоценозів і розроблення екологічно обґрунтованих підходів до управління їх стійкістю.

Глобальні кліматичні зміни істотно трансформують структуру та функціонування фітоценозів, змінюючи температурний режим, режим зволоження, концентрацію CO₂ і частоту екстремальних погодних явищ. Найбільш чутливо на ці зміни реагують фітофаги, фітопатогени та бур'яни, розвиток яких тісно пов'язаний із гідротермічними й фенологічними умовами середовища.

Підвищення температури сприяє розширенню ареалів багатьох фітофагів, успішній перезимівлі, збільшенню

кількості генерацій та поширенню інвазійних видів. Одночасно активізується розвиток фітопатогенів, скорочується тривалість їх циклу розвитку, підвищується інтенсивність споруляції та життєздатність інфекційного матеріалу, що збільшує ризик виникнення епіфітотій.

Кліматичні зміни також істотно впливають на бур'яновий компонент фітоценозів. Подовження вегетаційного періоду та зростання температури сприяють поширенню теплолюбних і карантинних видів, підвищенню їх насінневої продуктивності, конкурентної здатності та стійкості до гербіцидів. Крім того, бур'яни виконують роль альтернативних господарів і резерваторів багатьох фітофагів і фітопатогенів, підтримуючи їх популяції в міжвегетаційний період і посилюючи фітосанітарні ризики.

Встановлено, що зміна кліматичних умов порушує фенологічну синхронізацію між рослинами, фітофагами, патогенами й бур'янами, змінюючи інтенсивність їх взаємодій. Висока адаптивна здатність шкідників, патогенів і бур'янів зумовлює швидкі еволюційні зміни, зокрема формування резистентності до засобів захисту рослин та освоєння нових екологічних ніш.

Для оцінювання й прогнозування фітосанітарних ризиків дедалі ширше застосовують математичне моделювання, геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, безпілотні літальні апарати, автоматизовані метеостанції та алгоритми штучного інтелекту, що забезпечує своєчасне прийняття ефективних рішень в інтегрованому захисті здоров'я рослин.

Зміни клімату комплексно впливають на фітофагів, фітопатогенів і бур'яни, змінюючи їх чисельність, видовий склад, поширення та взаємодію між компонентами фітоценозів (табл. 1). Це зумовлює необхідність удосконалення систем моніторингу та інтегрованого захисту здоров'я рослин з урахуванням сучасних кліматичних тенденцій.

Стрімкий розвиток біологічних наук і цифрових технологій суттєво змінив підходи до дослідження шкідливих організмів. Сучасні дослідження ґрунтуються на використанні молекулярно-генетичних методів, дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем (GIS), штучного інтелекту та математичного моделювання.

Поєднання супутникового моніторингу, безпілотних літальних апаратів і GIS забезпечує оперативне картографування та прогнозування поширення фітофагів, фітопатогенів і бур'янів. Інтеграція цих технологій із системами прецизійного захисту здоров'я рослин сприяє локальному застосуванню засобів захисту, зменшенню пестицидного навантаження та підвищенню ефективності фітосанітарного моніторингу, формуючи основу адаптивного управління агроекосистемами (табл. 2).

Сучасні цифрові, молекулярно-генетичні та геоінформаційні технології забезпечують високоточний моніторинг фітофагів, фітопатогенів і бур'янів, дозволяють своєчасно прогнозувати їх розвиток і поширення, що є науковою основою для впровадження систем інтегрованого захисту рослин, прецизійного землеробства та адаптації агроекосистем до сучасних кліматичних змін.

Висновки. Фітофаги, фітопатогени та бур'яни є взаємопов'язаними компонентами фітоценозів, що визначають їх структуру, продуктивність, біорізноманіття та

Таблиця 1

Вплив основних кліматичних чинників на трансформацію шкідливих організмів

Кліматичний чинник	Вплив на фітофагів	Вплив на фітопатогени	Вплив на бур'яни	Фітосанітарні наслідки
Підвищення температури повітря	Збільшення кількості генерацій, розширення ареалу, покращення перезимівлі, прискорення розвитку	Скорочення латентного періоду, посилення споруляції, збільшення інфекційного потенціалу	Поширення теплолюбних видів, подовження вегетації, підвищення насінневої продуктивності	Зростання чисельності шкідливих організмів і посилення їх шкідливості
Зміна режиму атмосферних опадів	Вплив на виживання, розвиток і міграцію популяцій	Активізація грибних і бактеріальних хвороб за високої вологості; пригнічення окремих патогенів у посушливих умовах	Зміна видового складу бур'янів, домінування ксерофітних або гігрофітних видів	Перебудова структури фітосанітарного комплексу
Подовження вегетаційного періоду	Формування додаткових поколінь, триваліше життя шкідників	Подовження періоду інфікування та розвитку хвороб	Збільшення кількості хвиль сходів, триваліше насіннеутворення	Посилення конкуренції та зростання втрат урожаю
Підвищення концентрації CO ₂	Опосередкована зміна кормової цінності рослин і трофічних зв'язків	Зміна взаємодії «рослина – патоген» через фізіолого-біохімічні зміни рослин	Інтенсивніше накопичення біомаси, посилення конкурентоспроможності окремих видів	Зміна структури агроценозів і взаємодії компонентів фітоценозу
Екстремальні погодні явища (посухи, зливи, спека)	Масова міграція або локальне вимирання окремих видів; стресові адаптації	Формування нових осередків інфекції, зміна домінуючих видів патогенів	Переважає стресостійких та інвазійних бур'янів	Порушення екологічної рівноваги та зміна видового складу шкідливих організмів
М'які зими	Підвищення виживання зимуючих стадій, ранній початок розвитку	Збереження інфекційного матеріалу та підвищення первинного інфекційного фону	Краща перезимівля зимуючих бур'янів і багаторічних видів	Зростання початкової чисельності шкідливих організмів навесні

Таблиця 2

Сучасні інноваційні технології дослідження фітофагів, фітопатогенів і бур'янів

Інноваційна технологія	Фітофаги	Фітопатогени	Бур'яни	Основні переваги
Дистанційне зондування Землі (супутниковий моніторинг)	Виявлення осередків пошкодження посівів	Діагностика розвитку хвороб за спектральними індексами	Картування засміченості полів	Оперативний моніторинг великих територій
Безпілотні літальні апарати (БПЛА, дрони)	Облік чисельності шкідників і пошкоджень	Виявлення осередків інфекції	Локалізація видового складу та щільності бур'янів	Висока просторово-часова точність
GIS-технології	Просторове моделювання поширення фітофагів	Аналіз епіфітотій	Картографування засміченості	Формування цифрових карт фітосанітарного стану
Гіперспектральна та мульти-спектральна зйомка	Раннє виявлення стресу рослин від пошкодження	Діагностика прихованої інфекції	Диференціація культурних рослин і бур'янів	Виявлення проблем до появи візуальних симптомів
Молекулярно-генетичні методи (PCR, qPCR, LAMP, NGS)	Ідентифікація видів і біотипів	Швидка діагностика патогенів	Генетична ідентифікація карантинних видів	Висока точність і специфічність
ДНК-баркодинг	Видова діагностика комах	Ідентифікація грибів, бактерій і вірусів	Ідентифікація специфічних видів бур'янів	Достовірне визначення видового складу
Штучний інтелект (AI) і машинне навчання	Автоматичне розпізнавання комах	Розпізнавання симптомів хвороб	Автоматична ідентифікація бур'янів	Висока швидкість аналізу даних
Комп'ютерний зір (Computer Vision)	Автоматичний облік шкідників	Аналіз симптомів ураження	Розпізнавання видів бур'янів у фітоценозах	Можливість автоматизації моніторингу
Інтернет речей (IoT) та сенсорні мережі	Контроль мікроклімату й активності шкідників	Моніторинг умов розвитку патогенів	Прогнозування появи бур'янів	Безперервний збір інформації в режимі реального часу
Автоматизовані феромонні пастки	Дистанційний облік чисельності комах	-	-	Автоматизація моніторингу шкідників
Біоінформатика та цифрові бази даних	Аналіз популяцій і міграцій	Аналіз геномів патогенів	Аналіз поширення інвазійних бур'янів	Інтеграція великих масивів даних
Прогностичне моделювання та цифрові платформи підтримки прийняття рішень (DSS)	Прогноз розвитку популяцій	Прогноз епіфітотій	Прогноз появи та поширення бур'янів	Оптимізація інтегрованого захисту рослин

екологічну стійкість. Глобальні кліматичні зміни трансформують видовий склад, чисельність, поширення й характер взаємодії цих організмів, посилюючи фітосанітарні ризики та необхідність удосконалення систем інтегрованого захисту рослин. Перспективним напрямом є впровадження цифрових, геоінформаційних, молекулярно-генетичних технологій і систем прецизійного землеробства, що забезпечують високоточний моніторинг, прогнозування та екосистемно орієнтоване управління фітосанітарним станом агроценозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вигера С. М. Природні і культурні фітоценози та принципи контролю їх біорізноманіття : монографія. Київ : НУБіП України, 2013. 340 с.
2. Станкевич С. В., Забродіна І. В. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур : навч. посібн. Харків : Вид. Іванченка І. С., 2021. 521 с.
3. Вигера С. М. Природоохоронний контроль культурних фітоценозів : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2015. 398 с.
4. Аніскевич Л. В., Войтюк Д. Г., Вигера С. М., Адамчук Н. І., Захарін Ф. М., Пономаренко С. О., Ключевич М. М. Прецизійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України. Київ 2019. НУБіП України, 798 с.
5. Ключевич М. М., Вигера С. М., Можарівська І. А., Венгер О. В. Трофічні процеси різновидностей гексапод у плантоекосистемах (фітоценозах). *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки* : наукове фахове видання Херсонського державного аграрно-економічного університету. 2025. Вип. 143. Частина 1. С. 139–144.
6. Вигера С. М., Ключевич М. М., Ковальчук Р. Л. Обґрунтування новітньої методології забезпечення здоров'я фітоценозів. *Moderní aspekty vědy: XLVII. Díl mezinárodní kolektivní monografie. Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., Česká republika : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. P. 166–175.*

REFERENCES:

1. Vyhera, S.M. (2013). *Pryrodni i kulturni fitotsenozy ta pryntsyipy kontroliu yikh bioriznomanittia : monohrafiia* [Natural and cultivated phytocenoses and principles of controlling their biodiversity: monograph]. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 340 p. [in Ukrainian].
2. Stankevych, S.V., & Zabrodina, I.V. (2021). *Monitorynh shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur : navch. posib.* [Monitoring of pests and diseases of agricultural crops: a textbook]. Kharkiv : Vydavets Ivanchenka I.S., 521 p. [in Ukrainian].
3. Vyhera, S.M. (2015). *Pryrodookhoronnyi kontrol kulturnykh fitotsenziv: monohrafiia* [Environmental protection control of cultivated phytocenoses : monograph]. Kyiv : TsP «Komprynt», 398 p. [in Ukrainian].
4. Aniskevych, L.V., Voitiuk, D.H., Vyhera, S.M., Adamchuk, N.I., Zakharin, F.M., Ponomarenko, S.O., & Kliuchevych, M.M. (2019). *Pretsyzini fitotekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksi Ukrainy* [Precision phytotechnologies in the agro-industrial complex of Ukraine]. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 798 p. [in Ukrainian].
5. Kliuchevych, M.M., Vyhera, S.M., Mozharivska, I.A., & Venher, O.V. (2025). *Trofichni protsesy riznovydnosti*

heksapod u plantoekosystemakh (fitotsenozakh) [Trophic processes of hexapod species in plant ecosystems (phytocenoses)]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, Issue 143, Part 1, 139–144. [in Ukrainian].

6. Vyhera, S.M., Kliuchevych, M.M., & Kovalchuk, R.L. (2024). *Obgruntuvannia novitnoi metodolohii zabezpechennia zdorovia fitotsenziv* [Substantiation of the latest methodology for ensuring the health of phytocenoses]. *Moderní aspekty vědy: XLVII. Díl mezinárodní kolektivní monografie, Česká republika, Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 166–175.* [in Ukrainian].

Ключевич М.М., Вигера С.М., Венгер О.В., Залевський Р.А., Горецький М.А. Теоретичні аспекти ролі фітофагів, фітопатогенів і бур'янів у фітоценозах

Метою дослідження є узагальнення сучасних підходів до оцінювання ролі фітофагів, фітопатогенів і бур'янів у функціонуванні фітоценозів, обґрунтування їх екологічних взаємозв'язків, оцінка впливу кліматичних змін на трансформацію фітосанітарних комплексів і визначення перспектив застосування цифрових, геоінформаційних і молекулярно-генетичних технологій для моніторингу й прогнозування фітосанітарного стану рослинних угруповань.

Теоретично обґрунтовано екосистемний підхід до оцінювання ролі шкідливих організмів. Проаналізовано їх трофічні, конкурентні, алелопатичні та інфекційні взаємозв'язки, а також вплив основних кліматичних чинників на трансформацію фітосанітарних комплексів. Узагальнено сучасні технології дослідження: дистанційне зондування Землі, безпілотні літальні апарати, геоінформаційні системи (GIS), молекулярно-генетичні методи, штучний інтелект, комп'ютерний зір, сенсорні мережі та цифрові платформи підтримки прийняття рішень.

Встановлено, що фітофаги, фітопатогени та бур'яни формують єдину систему біотичних взаємодій, яка визначає структуру, продуктивність, біорізноманіття й екологічну стійкість фітоценозів. Показано, що бур'яни є не лише конкурентами культурних рослин, а й альтернативними господарями та резерваторами багатьох шкідників і збудників хвороб. Доведено, що зміни клімату сприяють розширенню ареалів шкідливих організмів, збільшенню кількості поколінь фітофагів, розвитку фітопатогенів, поширенню теплолюбних та інвазійних бур'янів і посиленню фітосанітарних ризиків. Обґрунтовано доцільність інтеграції цифрових технологій, дистанційного моніторингу, геоінформаційного аналізу, молекулярної діагностики та систем прецизійного землеробства для високоточного контролю й прогнозування розвитку шкідливих організмів. Визначено значення сучасних інноваційних технологій для формування адаптивних систем інтегрованого захисту рослин.

Ключові слова: шкідливі організми, фітоценоз, біорізноманіття, екологічна рівновага, зміни клімату, інтегрований захист рослин.

Kliuchevych M.M., Vygera S.M., Venger O.V., Zalevsky R.A., Horetskyi M.A. Theoretical aspects of the role of phytophages, phytopathogens and weeds in phytocenoses

The aim of this study is to summarise current approaches to assessing the role of phytophages, phytopathogens and weeds in the functioning of plant communities, to substantiate their ecological interrelationships,

to assess the impact of climate change on the transformation of phytosanitary complexes, and to identify prospects for the application of digital, geoinformation and molecular-genetic technologies for monitoring and forecasting the phytosanitary status of plant communities.

An ecosystem-based approach to assessing the role of harmful organisms has been theoretically substantiated. Their trophic, competitive, allelopathic and infectious interactions have been analysed, as well as the influence of key climatic factors on the transformation of phytosanitary complexes. Current research technologies have been summarised: remote sensing, unmanned aerial vehicles, geographic information systems (GIS), molecular-genetic methods, artificial intelligence, computer vision, sensor networks and digital decision-support platforms.

It has been established that herbivores, plant pathogens and weeds form a unified system of biotic interactions which determines the structure, productivity, biodiversity and ecological stability of plant communities.

It has been shown that weeds are not only competitors to cultivated plants, but also alternative hosts and reservoirs for many pests and pathogens. It has been demonstrated that climate change contributes to the expansion of the ranges of harmful organisms, an increase in the number of phytophagous insect generations, the development of phytopathogens, the spread of thermophilic and invasive weeds, and an increase in phytosanitary risks. The feasibility of integrating digital technologies, remote monitoring, geoinformation analysis, molecular diagnostics and precision farming systems for high-precision monitoring and forecasting of the development of harmful organisms has been substantiated. The importance of modern innovative technologies for the development of adaptive integrated plant protection systems has been identified.

Key words: harmful organisms, phytocenosis, biodiversity, ecological balance, climate change, integrated plant protection.

Дата першого надходження статті до видання: 30.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 633.854.78: 631.559: 631.527.54: 631.8
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.15>

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІКОРИЗОУТВОРЮЮЧИХ, БАКТЕРІАЛЬНИХ ТА РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПОСІВАХ СОНЯШНИКУ

Ковальчук А.В. – аспірант
orcid.org/0009-0007-3033-9872
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. В умовах сучасних кліматичних трансформацій, що супроводжуються зростанням тривалості посушливих періодів, нерівномірним розподілом атмосферних опадів та посиленням проявів ерозійних процесів, удосконалення технологій вирощування соняшнику стає одним із пріоритетних напрямів аграрної науки та практики [1].

Селекційні досягнення останніх років орієнтовані на створення високопродуктивних гібридів із підвищенням вмістом олії, стійкістю до хвороб і здатністю витримувати дефіцит вологи, забезпечуючи стабільне формування врожаю в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Разом із тим ефективність реалізації генетично закладеного потенціалу таких гібридів значною мірою визначається рівнем мінерального живлення рослин та ефективністю засвоєння поживних елементів [2].

Важливу роль у формуванні високої врожайності соняшнику відіграє збалансоване забезпечення рослин елементами живлення впродовж усього періоду вегетації [3]. Оптимальне поєднання макро- і мікроелементів, біологічних препаратів та регуляторів росту позитивно впливає на розвиток кореневої системи, активізує фізіолого-біохімічні процеси, підсилює фотосинтетичну діяльність і сприяє накопиченню олії в насінні. Водночас удосконалення елементів агротехнології, зокрема застосування позакоренових підживлень, підвищує адаптивність рослин до дії несприятливих факторів середовища та сприяє більш повній реалізації їх продуктивного потенціалу [4].

Серед сучасних агротехнологічних заходів особливого значення набувають передпосівна обробка насіння та позакореневе внесення біопрепаратів, стимуляторів росту і водорозчинних добрив [5]. Використання таких прийомів сприяє інтенсифікації процесів проростання насіння, активному формуванню кореневої системи, покращенню мінерального живлення у критичні фази розвитку рослин та підвищенню адаптаційного потенціалу агроценозів [6]. Крім того, в умовах необхідності зменшення антропогенного навантаження на довкілля застосування біологічних засобів і регуляторів росту розглядається як перспективний напрям екологізації технологій вирощування соняшнику [7]. З огляду на це особливої актуальності набуває вивчення ефективності різних схем передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень із використанням біопрепаратів, стимуляторів росту й водорозчинних добрив, які застосовуються у різні фази росту та розвитку рослин [8].

Дослідження впливу зазначених технологічних заходів на формування продуктивності, урожайності та якості насіння соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу має важливе наукове й практичне значення, що й визначає актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва значна увага приділяється впровадженню екологічно безпечних елементів технології вирощування соняшнику, зокрема використанню мікоризоутворюючих, бактеріальних та рістрегулюючих препаратів [9]. Застосування таких біологічних засобів спрямоване на підвищення ефективності живлення рослин, покращення фізіолого-біохімічних процесів, підвищення стійкості до абіотичних і біотичних стресів та забезпечення стабільної врожайності культури.

За результатами сучасних досліджень встановлено, що мікоризоутворювальні гриби здатні формувати ефективний симбіоз із кореневою системою соняшнику, завдяки чому посилюється поглинання води та поживних речовин, особливо фосфору і мікроелементів [10]. Встановлено, що застосування препаратів на основі мікоризних грибів сприяє збільшенню площі листової поверхні, розвитку кореневої системи та підвищенню врожайності насіння соняшнику [8]. Крім того, мікоризація позитивно впливає на мікробіологічну активність ґрунту та підвищує адаптивність рослин до посушливих умов вирощування.

Важливе місце у сучасних технологіях займають бактеріальні препарати на основі азотфіксуючих, фосфатмобілізуючих та рістстимулюючих мікроорганізмів. Дослідження свідчать, що використання бактерій роду *Bacillus* і *Pseudomonas* активізує проростання насіння, стимулює розвиток кореневої системи, покращує забезпечення рослин елементами живлення та сприяє формуванню більшої продуктивності посівів. Окремі штами бактерій здатні синтезувати фізіологічно активні речовини, зокрема ауксини, гібереліни та сидерофори, що забезпечує підвищення стійкості рослин до несприятливих умов середовища, у тому числі соляного та водного стресу [5].

Останні наукові праці також підтверджують ефективність застосування рістрегулюючих препаратів у технології вирощування соняшнику. Використання стимуляторів росту біологічного та синтетичного походження сприяє активізації фотосинтетичних процесів, покращенню росту й розвитку рослин, збільшенню площі



асиміляційної поверхні та підвищенню врожайності культури. Передпосівна обробка насіння та позакореневе підживлення рістрегуляторами дозволяють підвищити польову схожість, посилити стійкість рослин до дії стресових факторів та забезпечити більш повну реалізацію генетичного потенціалу гібридів сояшнику [1].

Разом із тим, незважаючи на значну кількість досліджень щодо застосування біопрепаратів у посівах сояшнику, питання комплексного використання мікоризоутворюючих, бактеріальних та рістрегулюючих препаратів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах залишається недостатньо вивченим. Це зумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на встановлення оптимальних способів і строків їх застосування з метою підвищення продуктивності та якості насіння сояшнику [2].

Мета досліджень. Метою досліджень передбачалось вивчити особливості використання мікоризоутворюючих, бактеріальних та рістрегулюючих препаратів на посівах сояшнику.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальне дослідження закладено у 2026 році в умовах Лісостепу правобережного Вінницького національного аграрного університету. Дослідженню підлягав гібрид сояшнику Суміко HTS.

Суміко HTS (Sumiko HTS) – це середньоранній інтенсивний лінолевий гібрид сояшника від Syngenta, адаптований до технології Експрес (стійкий до гербіцидів з трибенурон-метилом). Відрізняється високою врожайністю (до 46–50 ц/га) та високою олійністю (53–55%). Гібрид стійкий до вовчка (раси А–Е) та основних хвороб (фомопсис, фомоз).

Схема польового дослідження передбачала вивчення впливу передпосівної обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом, внесення бактеріального препарату та застосування регулятора росту рослин на ріст, розвиток і продуктивність сояшнику. Дослід був закладений за трифакторною схемою із поєднанням різних варіантів досліджуваних факторів (табл. 1).

Розміщення варіантів у межах кожного повторення здійснювали методом повної рандомізації. Кількість варіантів – 24, повторність – триразова, загальна кількість ділянок – 72.

Результати досліджень. Сояшник є однією з провідних олійних культур України та займає важливе місце у структурі посівних площ і формуванні експортного

потенціалу аграрного сектору. Завдяки високій рентабельності виробництва, значному попиту на насіння та продукти його переробки, а також розвиненій переробній промисловості, культура залишається стратегічно важливою для національної економіки. Україна традиційно посідає провідні позиції у світі за обсягами виробництва та експорту сояшникової олії, забезпечуючи значну частку світового ринку цієї продукції.

Упродовж останніх років площі посівів сояшнику в Україні коливалися в межах 5,0–5,5 млн га, що свідчить про стабільно високий інтерес агровиробників до культури (рис. 1).

За прогнозами аналітичних даних, у 2025/2026 маркетинговому році валове виробництво сояшнику може становити близько 13,5–14,0 млн т, попри негативний вплив посушливих погодних умов у окремих регіонах.

Сучасний стан вирощування сояшнику характеризується активним впровадженням інтенсивних технологій, використанням високопродуктивних гібридів, удосконаленням систем живлення та захисту рослин. Значна увага приділяється адаптації технологій до змін клімату, оскільки підвищення температурного режиму та нерівномірний розподіл опадів суттєво впливають на продуктивність культури. У зв'язку з цим особливого значення набувають посухостійкі гібриди, ресурсозберігаючі технології обробки ґрунту, застосування біопрепаратів та регуляторів росту. Важливим фактором розвитку галузі є наявність потужної переробної інфраструктури. Україна переробляє більшу частину вирощеного сояшнику на внутрішньому ринку та експортує переважно продукцію глибокої переробки – сояшникову олію та шрот. Це забезпечує додану вартість продукції та зміцнює конкурентоспроможність аграрного сектору держави.

Упродовж останніх років у галузі рослинництва спостерігається поступова трансформація технологічних підходів – від традиційних екстенсивних систем до адаптивно-інтенсивних технологій вирощування, що поєднують елементи біологізації, ресурсозбереження та екологічної безпеки. Такі технології спрямовані на підвищення ефективності використання природних ресурсів, оптимізацію живлення рослин, зниження антропогенного навантаження на агроєкосистеми та забезпечення стабільної продуктивності сільськогосподарських культур.

Рівень впровадження інтенсивних і біологізованих елементів технології значною мірою визначається

Таблиця 1

Схема польового дослідження

Фактор А – передпосівна обробка насіння мікоризоутворюючим препаратом	Фактор В – внесення бактеріального препарату	Фактор С – застосування регулятора росту
A ₁ – без обробки	B ₁ – без внесення	C ₁ – без обробки (контроль)
A ₂ – обробка насіння препаратом Мікофренд (6,0–кг/т) торф	B ₂ – внесення препарату Граундфікс (4,0 л/га при обробці ґрунту)	C ₂ – одне застосування регулятора росту КАЛЬМА АДАМА (0,6 л/га) у 18 стадії ВВСН (фаза 8 листка)
	B ₃ – внесення препарату Граундфікс (6,0 л/га при обробці ґрунту)	C ₃ – два застосування регулятора росту КАЛЬМА АДАМА (0,6 л/га) перше: у 18 стадії ВВСН (фаза 8 листка), друге: у 55 стадії ВВСН (фаза зірочки)
	B ₄ – внесення препарату Граундфікс (8,0 л/га при обробці ґрунту)	

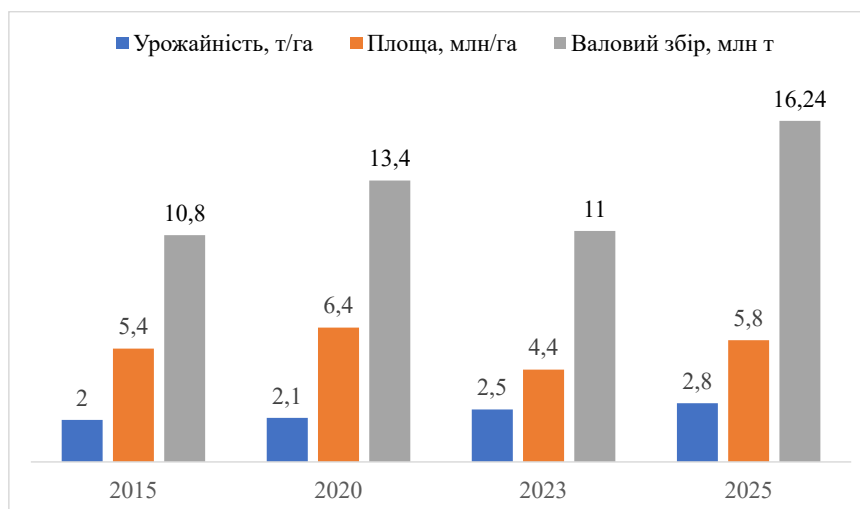


Рис. 1. Урожайність, площа посіву та валовий збір насіння соняшника в Україні

економічними можливостями господарств, а також особливостями ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу території та спеціалізацією виробництва. За таких умов особливого значення набуває адаптація агротехнологічних заходів до конкретних природно-виробничих умов із метою підвищення ефективності аграрного виробництва та збереження родючості ґрунтів. У цілому зазначені напрями розвитку агротехнологій гармонійно поєднуються з концепцією екологічного рослинництва, яка передбачає раціональне використання природних ресурсів, мінімізацію негативного впливу на довкілля, підвищення біологічної активності ґрунту та отримання екологічно безпечної продукції рослинництва.

У таблиці 2 відображено сучасний підхід до біологізації технології вирощування соняшника та містить основні групи препаратів, що застосовуються для оптимізації живлення, стимуляції ростових процесів і підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища.

Встановлено, що застосування мікоризоутворюючих, бактеріальних і істрегулюючих препаратів є важливим елементом сучасної адаптивної технології вирощування Соняшник. Їх комплексне використання забезпечує оптимізацію живлення рослин, покращення фізіологічного стану посівів, підвищення стійкості до стресових чинників та формування стабільної врожайності культури.

Бактеріальні мікоризоутворюючі препарати компанії призначені для покращення живлення рослин і захисту їх від хвороб. Активною основою таких препаратів є комплекси агрономічно-цінних мікроорганізмів, а саме:

- фосформобілізуючі бактерії та бактерії з фунгіцидними й бактерицидними властивостями: *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Enterobacter* sp.;
- мікоризоутворюючі гриби роду *Glomus* sp.;
- ризосферні мікроорганізми, які забезпечують підсилення утворення мікоризи: *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces* sp.

Загальне число життєздатних клітин не менше ніж 1,0·10⁸ КУО/г. Наповнювачем цього продукту є

стерильний торф. Цей продукт застосовують для передпосівної обробки насіння зернових, бобових і технічних культур.

Дані бактеріальні препарати підвищують польову схожість насіння, сприяють збільшенню площі поглинання води та елементів живлення кореневою системою рослин за рахунок посилення коренеутворення та формування мікоризи, забезпечує рослини збалансованим мінеральним живленням, а також вітамінами, фітогормонами, амінокислотами, сприяє кращому утриманню вологи в кореневій зоні рослин, захищає їх від збудників коренових гнилей та пліснявиння, підвищує стійкість рослин до впливу абіотичних стресів.

Препаратами обробляють насіння перед сівбою з розрахунку 1,0–1,5 кг/т для зернових культур, 3,0–5,0 кг/т – для кукурудзи, 1,0–1,5 кг/т – для бобових культур і 6,0–8,0 кг/т – для технічних культур у тому числі соняшника.

Також існують мікробіологічні добрива для фосфор-калій мобілізації, що підвищують врожайність соняшника. Для соняшника препарат використовують для обробки ґрунту (до 6 л/га) або внесення під час сівби (1,0–3,0 л/га), покращуючи розвиток кореневої системи та доступність поживних речовин. До його складу входять різні групи мікроорганізмів (*Bacillus subtilis* 20–30%, *Bacillus megaterium*, 20–30% *Azotobacter chromococcum*, 15–20% *Enterococcus* – 15–20%, *Paenibacillus polymyxa*, 10–15%) здатних до азотфіксування та калійно-фосфорних іммобілізуючих дій в умовах стресової посухи.

Регулятори росту рослин на сьогодні є сучасними агрохімічними препаратами системної дії, який застосовується для оптимізації ростових процесів сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику. Його використання спрямоване на регулювання морфогенезу рослин, підвищення їх стійкості до абіотичних факторів середовища та формування більш продуктивного агроценозу. Основною діючою речовиною препарату є тринексапак-етил у концентрації 175 г/л. Ця сполука впливає на біосинтез гіберелінів – фітогормонів, що відповідають за інтенсивний ріст рослин у висоту. Пригнічення

Таблиця 2

Характеристика та механізм дії препаратів на посівах соняшнику

Група препаратів	Комерційна назва препарату	Діюча основа	Основний механізм дії	Рекомендоване застосування
Мікоризоутворюючі	Мікофренд	<i>Glomus VS, Trichoderma harzianum</i> , бактерії-супутники	Формування мікоризи, покращення фосфорного живлення	Обробка насіння перед сівбою
	Міковітал	Арбускулярні мікоризні гриби	Активізація розвитку кореневої системи	Обробка насіння або позакоренево
	МікоХелп	Комплекс мікоризних грибів та ризосферних бактерій	Підвищення стійкості до посухи та ґрунтових патогенів	Обробка насіння перед сівбою
Бактеріальні	Азотофіт	<i>Azotobacter chroococcum</i>	Біологічна фіксація азоту	Обробка насіння перед сівбою
	Екофосфорин	<i>Bacillus megaterium</i>	Мобілізація важкодоступних фосфатів	Обробка насіння перед сівбою
	Біокомплекс-БТУ	Комплекс <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Azotobacter</i> , ензими	Стимуляція росту та біозахист	Обробка насіння або позакоренево
	Фітоцид-р	<i>Bacillus subtilis</i>	Фунгіцидна та антибактеріальна дія	Протруювання насіння і обприскування
	Органік-баланс	Комплекс ґрунтових бактерій	Відновлення мікробіологічної активності ґрунту	Ґрунтове внесення
Рістрегулюючі	Вимпел 2	Поліетиленоксиди, гумати	Антистресова дія та стимуляція метаболізму	Позакоренево у фазі 4-8 листків
	Гуміфілд	Гумінові та фульвові кислоти	Активізація коренеутворення	Обприскування посівів
	Радостим	Комплекс фітогормонів	Стимуляція ростових процесів	Обробка насіння перед сівбою
	Мегафол	Амінокислоти та калій	Антистресова дія після гербіцидного навантаження	Позакоренево
	Кендал	Олігосахариди та біостимулятори	Підвищення імунітету рослин	Позакоренево
	Стимпо	Біологічно активні речовини та фітогормони	Посилення енергії проростання та розвитку рослин	Обробка насіння або позакоренево

синтезу гіберелінів призводить до зменшення подовження міжвузлів, унаслідок чого формується компактна рослина з більш міцним стеблом. Важливою перевагою препарату є його інноваційна формуляція, що включає потужний ад'ювант із подовженими ланцюгами жирних кислот. Це забезпечує виражені ліпофільні властивості робочого розчину, сприяє кращому розподілу препарату по листовій поверхні, збільшенню площі контакту та значному покращенню проникнення діючої речовини у тканини рослини. Препарат випускається у формі концентрату, що емульгується, що забезпечує зручність використання, стабільність робочого розчину та ефективне покриття рослин під час обробки. Після внесення препарат швидко абсорбується через листову поверхню і проявляє системну дію, переміщуючись у рослині та впливаючи на фізіологічні процеси росту.

Механізм дії тринексапак-етилу полягає у блокуванні ферментативних процесів синтезу гіберелінів, що зумовлює зниження інтенсивності вертикального росту, зміцнення стебла, підвищення стійкості до вилягання та оптимізацію архітекtonіки посіву. Для соняшнику це має важливе значення, оскільки сприяє більш ефективному використанню світлових ресурсів і підвищенню

загальної продуктивності рослин. КАЛЬМА сумісна з більшістю засобів захисту рослин, зокрема фунгіцидами, інсектицидами та деякими регуляторами росту. Однак не рекомендується її змішування з гербіцидами проти злакових бур'янів, а також із препаратами, що містять такі діючі речовини, як 2,4-Д, дикамба або клопіралід, оскільки це може призвести до зниження ефективності або проявів фітотоксичності. Застосування препарату сприяє формуванню більш стійких, компактних і продуктивних рослин соняшнику, що в кінцевому підсумку позитивно впливає на врожайність та стабільність виробництва.

Висновки. У сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва та посилення впливу кліматичних змін важливого значення набуває удосконалення технологій вирощування соняшнику на основі принципів екологізації, біологізації та ресурсозбереження. Використання мікробіологічних препаратів і регуляторів росту у технології вирощування соняшнику є перспективним напрямом підвищення продуктивності культури та стабілізації врожайності в умовах змін клімату. Результати досліджень свідчать, що комплексне застосування мікоризоутворюючого препарату

Мікофренд, бактеріального препарату Граундфікс та регулятора росту КАЛЬМА АДАМА є ефективним елементом сучасної технології вирощування соняшнику. У технології вирощування соняшнику в умовах Лісостепу правобережного доцільно рекомендувати: передпосівну обробку насіння препаратом Мікофренд у нормі 6,0 кг/т; внесення бактеріального препарату Граундфікс при обробці ґрунту в нормі 6,0–8,0 л/га; застосування регулятора росту КАЛЬМА АДАМА у нормі 0,6 л/га у фазі 8 листків (ВВСН 18), а за умов стресових факторів – додатково у фазі «зірочки» (ВВСН 55). Використання даних препаратів сприяє активізації розвитку кореневої системи, покращенню засвоєння елементів живлення, підвищенню стійкості рослин до стресових умов та формуванню вищої продуктивності посівів. Найбільш ефективним є їх комплексне поєднання, що забезпечує оптимізацію фізіолого-біохімічних процесів у рослинах і підвищення врожайності культури. Подальше вдосконалення біологізованих технологій сприятиме підвищенню ефективності аграрного виробництва, збереженню родючості ґрунтів і забезпеченню екологічної стійкості агроценозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шакалій С.М., Юрченко С.О., Баган А.В., Шевченко В.В., Зароза А.О. Особливості росту та розвитку соняшника залежно від біопрепаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 3. С. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.01>
2. Пелех Л.В., Онуфрійчук О.М. Основні технологічні заходи при вирощуванні соняшнику. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 43–49. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.7>
3. Пінковський Г.В., Мащенко Ю.В., Танчик С.П. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 107. С. 145–150. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19>
4. Honcharuk I., Gontaruk Y., Pansyryeva H. Economic aspects of using the potential of bioenergy crops for biogas production and advanced technologies for digestate application. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10, Issue 2. P. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-68-77>
5. Petrychenko V., Senyk I., Didur I., Pansyryeva H. Assessment of the potential use of winter intermediate fodder crops for fodder production and carbon sequestration. *Journal of Ecological Engineering*. 2026. Vol. 27, Issue 5. P. 218–224. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/216324>
6. Панцирева Г.В. Розробка біоорганічної технології вирощування сільськогосподарських культур за використання біодобрив, позакоренових підживлень та фізіологічно-активних речовин. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 101–106. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.17>
7. Дідур І.М., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Циганський В.І. Вплив технологічних прийомів вирощування на забур'яненість посівів соняшнику, сої та кукурудзи на зерно в умовах правобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2025. Т. 9, № 2. С. 266–271 DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0387>
8. Панцирева Г.В. Підвищення продуктивності соняшнику залежно від технологічних прийомів вирощування. *Аграрні інновації*. 2025. № 34. С. 135–138. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.19>
9. Didur I., Pansyryeva H. Prospects for the development of seed production in Ukraine taking into account economic and environmental efficiency. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2025. Vol. 11, Issue 2. P. 191–196. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2025-11-2-191-196>
10. Didur I., Tkachuk O., Pansyryeva H., Chabanuk Ya., Pankova S., Hutsol H., Mazur O., Kovka N. Bioindication characteristics of trees in solid protection forest strips depending on intensive agriculture. *Journal of Ecological Engineering*. 2025, Vol. 26, Issue 6. P. 315–328 DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/202749>
11. Tkachuk O., Pansyryeva H., Zelenchuk N., Bondaruk N., Mostovenko V. Resistance of sunflower crops to harmful objects when using growth-stimulating bioproducts in their crops. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. Vol. 26, Issue 4. P. 98–110. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/199816>

REFERENCES:

1. Shakalii, S.M., Yurchenko, S.O., Bahan, A.V., Shevchenko, V.V., Zaroza, A.O. (2022). Osoblyvosti rostu ta rozvytku soniashnyka zalezno vid biopreparativ [Peculiarities of growth and development of sunflower depending on biological preparations]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. No 3. S. 11–17. [in Ukrainian].
2. Pelekh, L.V., Onufriichuk, O.M. (2024). Osnovni tekhnolohichni zakhody pry vyroshchuvani soniashnyku [Basic technological measures in sunflower cultivation]. *Ahrarni innovatsii*. No 25. S. 43–49. [in Ukrainian].
3. Pinkovskiy, H.V., Mashchenko, Yu.V., Tanchyk, S.P. (2019). Vplyv elementiv zhyvlennia na rodiuchist ґruntu ta produktyvnist soniashnyku v Pravoberezhnomu Stepu Ukrainy [The influence of nutrients on soil fertility and sunflower productivity in the Right Bank Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. Vyp. 107. S. 145–150 [in Ukrainian].
4. Honcharuk, I., Gontaruk, Y., Pansyryeva, H. (2024). Economic aspects of using the potential of bioenergy crops for biogas production and advanced technologies for digestate application. *Baltic Journal of Economic Studies*. 10 (2), 68–77 [in English].
5. Petrychenko V., Senyk I., Didur I., Pansyryeva H. (2026). Assessment of the potential use of winter intermediate fodder crops for fodder production and carbon sequestration. *Journal of Ecological Engineering*. 27, 5, 218–224 [in English].
6. Pansyryeva H.V. Rozrobka bioorhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur za vykorystannia biodobryv, pozakorenevyykh pidzhyvlen ta fiziolohichno-aktyvnykh rehovyn [Development of bioorganic technology for growing agricultural crops using biofertilizers, foliar feeding and physiologically active substances]. *Ahrarni innovatsii*. 2025. № 29. S. 101–106 [in Ukrainian].
7. Didur, I.M., Tkachuk, O.P., Pansyryeva, H.V., Tsyhanskyi, V.I. (2025). Vplyv tekhnolohichnykh pryimov vyroshchuvannia na zaburianenist posiviv soniashnyku, soi ta kukurudzy na zerno v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of technological cultivation methods on weed infestation of sunflower,

- soybean and corn crops in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury*. 2025. T. 9, № 2. S. 266–271 [in Ukrainian]
8. Didur, I., Lutkovska, S., Pansyryeva, H. (2025). European prospects for the development of crop production technologies in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 11, 3, 353–360 [in English].
 9. Didur, I., Pansyryeva, H. (2025). Prospects for the development of seed production in Ukraine taking into account economic and environmental efficiency. *Baltic Journal of Economic Studies*. 11, 2, 191–196 [in English].
 10. Didur, I., Tkachuk, O., Pansyryeva, H., Chabanuk, Ya., Pankova, S., Hutsol, H., Mazur, O., Kovka, N. (2025). Bioindication characteristics of trees in solid protection forest strips depending on intensive agriculture. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 26, Issue 6. P. 315–328 [in English].
 11. Tkachuk, O., Pansyryeva, H., Zelenchuk, N., Bondaruk, N., Mostovenko, V. (2025). Resistance of sunflower crops to harmful objects when using growth-stimulating bioproducts in their crops. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 26, Issue 4. P. 98–110 [in English]

Ковальчук А.В. Особливості використання мікоризоутворюючих, бактеріальних та рістрегулюючих препаратів на посівах соняшнику

Мета роботи полягала у вивченні особливостей використання мікоризоутворюючих, бактеріальних та рістрегулюючих препаратів на посівах соняшнику. Методи дослідження імплементовано за трифакторною схемою польового досліду, де фактор А передбачав передпосівну обробку насіння препаратом Мікофренд у нормі 6,0 кг/т, фактор Б – внесення препарату Граундфікс у нормах 4,0; 6,0 та 8,0 л/га під час обробки ґрунту, а фактор В – внесення регулятора росту КАЛМА АДАМА у нормі 0,6 л/га у фазі 8 листків (ВВСН 18) та повторно у фазі «зірки» (ВВСН 55). У результаті представлено дослідження щодо доцільності комплексного використання мікоризного препарату Мікофренд, бактеріального препарату Граундфікс та регулятора росту КАЛМА АДАМА в технології вирощування соняшнику в умовах Правобережного Лісостепу України. У результаті досліджень було встановлено, що передпосівна обробка насіння препаратом Мікофренд сприяла активації росту та розвитку кореневої системи рослин, покращувала використання важкодоступних форм фосфору та підвищувала ефективність використання ґрунтової вологи. Встановлено, що формування мікоризного симбіозу позитивно впливало на процеси адаптації рослин в умовах дефіциту вологи та високих температур. Доведено, що застосування бактеріального препарату Граундфікс активувало мікробіологічну активність ґрунту, сприяло мобілізації поживних речовин та покращувало умови мінерального живлення рослин соняшнику. Найвищу ефективність забезпечили норми внесення 6,0–8,0 л/га, за яких спостерігалось збільшення інтенсивності ростових процесів та формування вищої продуктивності сільськогосподарських культур. Встановлено, що використання регулятора росту CALMA ADAMA у фазі 8 листків та повторно у фазі «зірки» сприяло збільшенню інтенсивності фотосинтезу, підвищенню антистресової стійкості рослин та покращувало процеси формування генеративних органів. Доведено, що дворазове внесення препарату забезпечило стабільніше

функціонування фотосинтетичного апарату рослин за несприятливих погодних умов. Підсумовано, що найефективнішим елементом технології вирощування соняшнику є комплексне використання мікоризного препарату Мікофренд, бактеріального препарату Граундфікс та регулятора росту КАЛМА АДАМА. Їх поєднання забезпечило синергетичний ефект на систему ґрунт-рослина, сприяло оптимізації фізіологічних та біохімічних процесів, підвищенню ефективності використання поживних речовин та вологи, підвищенню стійкості рослин до стресових факторів та формуванню вищих врожаїв. Висновки для умов Правобережного Лісостепу України рекомендується проводити передпосівну обробку насіння препаратом Мікофренд у нормі 6,0 кг/т, вносити бактеріальний препарат Граундфікс у нормі 6,0–8,0 л/га під час обробки ґрунту та вносити регулятор росту КАЛМА АДАМА у нормі 0,6 л/га у фазі 8 листків з повторним внесенням у фазі «зірка» за умов дії стресових факторів. Практичне впровадження запропонованих елементів технології сприятиме підвищенню ефективності вирощування соняшнику, збереженню родючості ґрунту, покращенню екологічного стану агроценозів та забезпеченню стабільності сільськогосподарського виробництва в умовах зміни клімату.

Ключові слова: соняшник, гібрид, бактеріальні препарати, мікоризні препарати, регулятори росту, зміна клімату.

Kovalchuk A.V. Features of the use of mycorrhizal, bacterial and growth-regulating drugs on sunflower crops

The aim of the work was to study the features of the use of mycorrhizal, bacterial and growth-regulating drugs on sunflower crops. The research methods were implemented according to a three-factor scheme of a field experiment, where factor A provided for pre-sowing treatment of seeds with the drug Mycofriend at a rate of 6.0 kg/t, factor B – application of the drug Groundfix at rates of 4.0; 6.0 and 8.0 l/ha during soil cultivation, and factor C – application of the growth regulator CALMA ADAMA at a rate of 0.6 l/ha in the 8-leaf phase (BBCH 18) and again in the "star" phase (BBCH 55). As a result, a study was presented on the feasibility of the integrated use of the mycorrhizal drug Mycofriend, the bacterial drug Groundfix and the growth regulator CALMA ADAMA in the technology of growing sunflower in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. As a result of the research, it was found that pre-sowing seed treatment with the drug Mycofriend contributed to the activation of the growth and development of the plant root system, improved the use of hard-to-reach forms of phosphorus and increased the efficiency of soil moisture use. It was found that the formation of mycorrhizal symbiosis had a positive effect on the processes of plant adaptation in conditions of moisture deficiency and high temperatures. It was proven that the use of the bacterial drug Groundfix activated the microbiological activity of the soil, promoted the mobilization of nutrients and improved the conditions of mineral nutrition of sunflower plants. The highest efficiency was provided by the application rates of 6.0–8.0 l/ha, at which an increase in the intensity of growth processes and the formation of higher productivity of agricultural crops were observed. It was found that the use of the growth regulator CALMA ADAMA in the 8-leaf phase and again in the "star" phase contributed to an increase in the intensity of photosynthesis, increased anti-stress resistance of plants and improved

the processes of formation of generative organs. It was proven that the double application of the drug ensured a more stable functioning of the photosynthetic apparatus of plants under adverse weather conditions. It was concluded that the most effective element of the sunflower cultivation technology is the integrated use of the mycorrhizal drug Mycofriend, the bacterial drug Groundfix and the growth regulator KALMA ADAMA. Their combination provided a synergistic effect on the soil-plant system, contributed to the optimization of physiological and biochemical processes, increased efficiency of nutrient and moisture use, increased plant resistance to stress factors and the formation of higher yields. Conclusions For the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, it is recommended

to carry out pre-sowing treatment of seeds with the drug Mycofriend at a rate of 6.0 kg/t, apply the bacterial drug Groundfix at a rate of 6.0–8.0 l/ha during soil cultivation and apply the growth regulator CALMA ADAMA at a rate of 0.6 l/ha in the 8-leaf phase with repeated application in the “star” phase under the influence of stress factors. The practical implementation of the proposed elements of the technology will contribute to increasing the efficiency of sunflower cultivation, preserving soil fertility, improving the ecological state of agrocenoses and ensuring the stability of agricultural production in conditions of climate change.

Key words: sunflower, hybrid, bacterial preparations, mycorrhizal preparations, growth regulators, climate change.

Дата першого надходження статті до видання: 29.06.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

DYNAMICS OF THE FORMATION OF THE ASSIMILATIVE SURFACE AND GROWTH PROCESSES OF OILSEED RADISH PLANTS DEPENDING ON GROWING CONDITIONS

KOVKA N.S. – Assistant
orcid.org/0000-0002-4556-2678
Vinnitsia National Agrarian University
GRYTSYSHYN V.O.
orcid.org/0009-0006-8330-5329
PE "Kushelivka Agro"

Statement of The Problem. Ensuring high productivity of agricultural crops under changing environmental conditions is one of the key challenges of modern agriculture. Oilseed radish (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) is an important multipurpose crop widely used for green manure, fodder production, and soil improvement. Its productivity largely depends on the intensity of growth processes and the formation of the assimilative surface, which determines the efficiency of photosynthesis and biomass accumulation [5].

Under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, characterized by unstable moisture supply and increasing variability of climatic factors, the optimization of crop growing technologies becomes especially relevant. In particular, the level of mineral nutrition significantly affects plant growth, development, and the formation of leaf area, which directly influences yield formation.

However, the patterns of assimilative surface formation and growth dynamics of oilseed radish plants depending on growing conditions and varietal characteristics remain insufficiently studied. This limits the development of scientifically grounded recommendations for improving cultivation technologies and increasing crop productivity.

Therefore, the study of growth processes and the formation of the assimilative apparatus of oilseed radish under different levels of mineral nutrition in specific soil and climatic conditions is a relevant scientific problem.

Analysis of the latest research and publications.. Oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Pers.) is a valuable multifunctional crop widely used as green manure, biofumigant, and cover crop in modern agroecosystems. It is characterized by rapid biomass accumulation, high ecological plasticity, and the ability to form a powerful assimilative surface under different environmental conditions [3, 10, 11].

Scientific studies emphasize the importance of varietal characteristics and cultivation technologies in regulating growth processes of oilseed radish. In particular, Kovka N.S. highlights the influence of technological factors and varietal differences on plant development in the Right-Bank Forest-Steppe conditions [2]. The importance of environmental factors and nutrition systems in yield formation is also confirmed in the research of Bilonizhko Kh.V. [1].

The formation of assimilative surface is a key factor of crop productivity. Tsytisura T.V. established that leaf area

development significantly depends on sowing parameters and fertilization, which directly affects photosynthetic efficiency and biomass accumulation [4]. Further studies by Tsytisura Ya.H. confirm the important role of mineral nutrition and microelements in enhancing growth processes and productivity of oilseed radish [5, 6].

Morphological and anatomical features of oilseed radish plants also play an important role in productivity formation. It has been shown that stem structure and anatomical characteristics depend on agrotechnological factors and cultivation conditions [7, 8]. These results confirm the close relationship between plant structure and environmental factors.

Modern studies demonstrate that oilseed radish has high adaptive capacity and can effectively realize its biological potential under different environmental conditions, making it an important component of sustainable agricultural systems [10, 11, 12]. The wide range of its agricultural applications is also confirmed in recent studies [9], while nutrition systems significantly influence seed quality formation [13].

Despite the significant number of studies, the dynamics of assimilative surface formation and growth processes depending on growing conditions remain insufficiently studied and require further systematization. This determines the relevance of continued research in this direction.

Purpose of the article. The aim of the article is to investigate the dynamics of growth processes and the formation of the assimilative surface of oilseed radish plants depending on growing conditions, in particular the level of organic fertilization and varietal characteristics, as well as to determine their influence on biometric parameters and crop productivity under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Research methods. Phenological observations of oilseed radish plant growth and development were conducted throughout the growing season in accordance with generally accepted principles of field experiments and methodological approaches used in studies of oilseed radish cultivation [2, 4]. Plant height measurements were carried out along the diagonal of experimental plots at key phenological stages to ensure representativeness of the obtained data.

The assimilative surface area of oilseed radish plants was determined using the leaf imprint (paper tracing)



method, which is widely applied in agrobiological research for assessing leaf area dynamics and photosynthetic potential of crops [4, 10].

The yield of green biomass was determined using standard field experimental approaches to crop productivity assessment, based on generally accepted agronomic principles of oilseed radish cultivation [3].

Research results. Growth is one of the primary characteristics of plant development, reflecting continuous quantitative and qualitative changes in plant organisms. The intensity of growth processes depends on the developmental stage of the plant and the interaction between internal physiological mechanisms and environmental conditions. It should be noted that environmental requirements for growth and development do not always coincide, which leads to variability in morphogenetic responses among crop varieties [1].

Under field conditions, the realization of growth potential is significantly influenced by agronomic factors, including fertilization and varietal characteristics. In the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, the conducted studies on oilseed radish varieties *Zhuravka* and *Kiyanochka* demonstrated that organic fertilization (Greenodin Gray) had a pronounced effect on plant height formation [2].

The experiments were carried out on a plot size of 5 × 6 m (30 m²), which corresponds to 0.003 ha.

Accordingly, the applied fertilizer doses per experimental plot were: 5 t/ha = 15 kg per plot, 10 t/ha = 30 kg per plot.

Over the two-year research period, plant height varied depending on the phenological phase, fertilization level, and varietal differences (Table 1).

Analysis of plant height dynamics shows that fertilization significantly enhanced growth intensity in both varieties throughout all phenological stages. In all fertilized treatments, plants clearly exceeded the control, confirming the positive role of improved nutrient supply.

The highest plant height values were recorded under the application of Greenodin Gray at 10 t/ha (30 kg per 30 m² plot). At the flowering stage, *Zhuravka* reached 102,4 cm, while *Kiyanochka* demonstrated a slightly higher value of 104,8 cm, exceeding the control variants by 27,6 cm and 28,5 cm, respectively. The application of 5 t/ha (15 kg per plot) also ensured a substantial increase in plant height across all developmental phases.

Overall, the *Kiyanochka* variety showed a slightly stronger growth response compared to *Zhuravka* under identical fertilization conditions, indicating its higher adaptive potential to an improved nutritional background in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe.

For optimal photosynthetic performance, plants must develop a sufficiently formed assimilative surface. The leaf area serves as the main organ for the accumulation of

Table 1

Dynamics of oilseed radish height depending on fertilizer, cm (average for 2024–2025)

Variety	Fertilization Variant	Development Phase			
		Rosette	Stem Elongation	Budding	Flowering
<i>Zhuravka</i>	Control (no fertilizers)	4,2	11,3	53,6	74,8
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	4,6	13,8	60,4	88,7
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	5,1	16,9	67,8	102,4
<i>Kiyanochka</i>	Control (no fertilizers)	4,4	11,9	55,1	76,3
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	4,8	14,2	61,7	90,5
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	5,3	17,4	69,2	104,8

Source: Compiled by the author



Fig. 1. Sowing of oilseed radish at the rosette stage

organic substances, which ultimately determines biomass formation and yield productivity. It is generally accepted that an optimal leaf area index during the period of active vegetation ranges from 40–60 thousand m²/ha. However, this parameter is variety-dependent, as genotypic differences influence the intensity and duration of leaf surface formation [3].

Thus, the development of an effective assimilative apparatus, combined with varietal characteristics and fertilization level, is a key physiological prerequisite for ensuring high productivity of oilseed radish under the studied agro-climatic conditions (Fig. 1).

Many researchers emphasize that the process of photosynthesis should be considered through the interrelation between leaf surface area formation, technological elements of cultivation, and abiotic environmental factors throughout the growing season [1, 13]. In oilseed radish, this period is relatively short, lasting approximately 45 days from emergence to the flowering stage.

In our study, conducted on two varieties of oilseed radish, *Zhuravka* and *Yamayka*, it was established that both fertilization level and varietal characteristics significantly influenced the formation of the assimilative (leaf) surface. The dynamics of leaf surface area development depending on fertilization variants and vegetation phases are presented in Table 2.

The obtained results indicate that, under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, fertilization had a pronounced positive effect on the formation of the leaf assimilative surface in both oilseed radish varieties. Across all developmental stages, an increase in fertilization rate led to a consistent rise in leaf area formation compared to the unfertilized control.

The *Kiyanochka* variety demonstrated a slightly higher assimilative surface compared to *Zhuravka* at all growth stages and under all fertilization variants. The most significant differences were observed during the budding and flowering phases, which are critical for photosynthetic productivity.

The maximum leaf surface area was recorded at the flowering stage under the application of Greenodin Gray at 10 t/ha, reaching 62,7–64,0 thousand m²/ha depending on the variety. This confirms that both varietal characteristics and fertilization level play a key role in optimizing the photosynthetic potential of oilseed radish under regional climatic conditions [4].

Visual assessment of plant development during this period confirms the intensive formation of biomass and crop density, which is clearly observed when comparing the experimental plots (Fig. 2).

In their studies, the effect of fertilization on the nature of the leafiness of oilseed radish was studied. In the fertilized

Table 2

The effect of fertilizer on the formation of leaf surface area in the oilseed radish varieties *Zhuravka* and *Kiyanochka*, thousand m²/ha (average for 2024–2025)

Variety	Fertilization Variant	Development Phase			
		Rosette	Stem Elongation	Budding	Flowering
<i>Zhuravka</i>	Control (no fertilizers)	8,5	18,7	32,4	41,2
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	10,2	24,9	45,6	54,3
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	12,8	29,7	52,1	62,7
<i>Kiyanochka</i>	Control (no fertilizers)	8,7	19,2	33,1	42
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	10,6	25,4	46,8	56,1
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	13,1	30,2	53,1	6

Source: Compiled by the author



Fig. 2. Oilseed radish crops during the flowering stage: varieties *Zhuravka* and *Kiyanochka*

variants of the experiment, where organic fertilizers (Greenodin Gray) were applied, the leafiness in certain phases of vegetation slightly decreased (Table 3). This phenomenon can be explained by the redistribution of assimilates towards enhanced growth of the above-ground mass and the formation of a more powerful stem, which led to a relative decrease in the share of the leaf cover.

The results obtained indicate that the level of mineral (organic) nutrition significantly affects the morphological structure of oilseed radish plants, changing the balance between the leaf surface and other plant organs depending on the phase of development.

This figure 3 presents a comparative photographic illustration highlighting the morphological characteristics of oilseed radish varieties at the early stage of stem elongation. The left panel shows the *Kiyanochka* variety, characterized by a dense rosette of dark green leaves with a strongly wrinkled surface and pronounced serration. The plants exhibit initial stem elongation with noticeable branching and a slight purple pigmentation of the stems.

The right panel represents the *Zhuravka* variety, which differs by having lighter green leaves with a smoother surface, gently undulating margins, and less pronounced serration. The stems are thinner, predominantly green, vertically oriented, and exhibit lower initial branching compared to the *Kiyanochka* variety.

A white plastic object visible on the soil surface in the right panel serves as a reference for scale and comparative assessment of plant size.

The next stage was to establish that the dry matter yield of oilseed radish varieties *Kiyanochka* and *Zhuravka* was positively influenced by organic fertilizers (Greenodin Gray). On average, over two years of research, the maximum dry matter yield was obtained with fertilizer application at a rate of 10 t/ha (30 kg/accounting plot of 30 m²). With this option, a significant excess of control was observed, which indicates high efficiency under

In particular, the *Kiyanochka* variety formed slightly higher dry matter indices compared to the *Zhuravka* variety, which indicates its greater productive response to improved nutrition conditions. The variant with the application of 5 t/ha (15 kg/plot) also provided a significant increase in this index, but was inferior to the maximum level of fertilization.

The increase in dry matter yield is due to a more intensive growth of vegetative mass, activation of photosynthetic processes and more efficient use of nutrients by plants [5]. It was established that there is a direct relationship between the level of fertilization and the accumulation of dry matter, which is manifested in both studied crops (Table 3).

Analysis of the obtained data shows that the application of organic fertilizer Greenodin Gray significantly influenced the formation of the dry matter yield of oilseed radish throughout

Table 3

Effect of fertilizer on leafiness of oilseed radish, % (average for 2024–2025)

Variety	Fertilization Variant	Development Phase			
		Rosette	Stem Elongation	Budding	Flowering
<i>Zhuravka</i>	Control (no fertilizers)	72,5	78,4	84,6	80,2
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	70,1	75,8	82,3	77,5
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	67,8	73,2	79,6	74,1
<i>Kiyanochka</i>	Control (no fertilizers)	73,8	79,6	85,4	81,0
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	71,4	77,0	83,1	78,6
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	69,0	74,5	80,8	75,3

Source: Compiled by the author

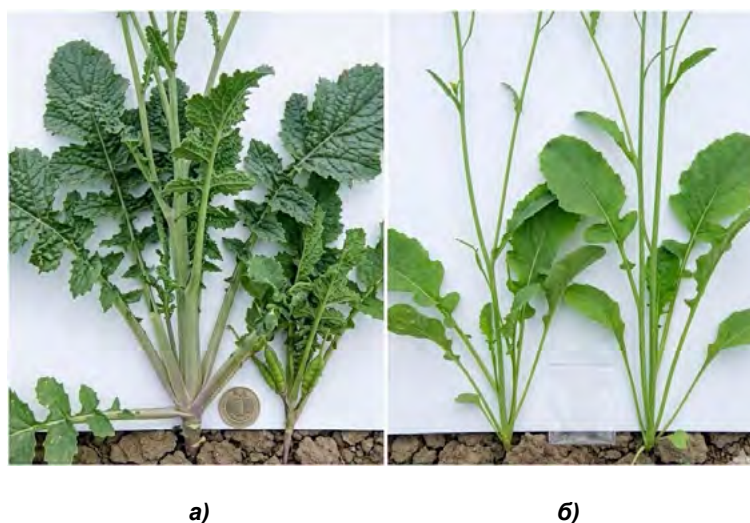


Fig. 3. Oilseed radish at the stem elongation stage
(a) – *Kiyanochka*, b) – *Zhuravka*

Table 4

Effect of fertilizer on the dry matter yield of oilseed radish in the flowering phase, c/ha (average for 2024–2025)

Variety	Fertilization Variant	Development Phase			
		Rosette	Stem Elongation	Budding	Flowering
<i>Zhuravka</i>	Control (no fertilizers)	8,4	18,6	32,5	45,8
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	9,7	22,3	38,9	54,6
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	11,2	25,8	44,7	62,3
<i>Kiyanochka</i>	Control (no fertilizers)	9,1	19,8	34,2	47,5
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	10,6	23,9	41,5	57,8
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	12,3	27,6	47,8	65,9

Source: Compiled by the author

Table 5

The effect of fertilization on the yield of green mass of oilseed radish, c/ha (average for 2024–2025)

Variety	Fertilization Variant	Development Phase		Average	Deviation from control
		2024	2025		
<i>Zhuravka</i>	Control (no fertilizers)	185	192	188,5	-
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	215	224	219,5	+31,0
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	248	260	254,0	+65,5
<i>Kiyanochka</i>	Control (no fertilizers)	190	198	194	-
	Greenodin Gray, 15 kg/plot	225	236	230,5	+36,5
	Greenodin Gray, 30 kg/plot	260	272	266,0	+72,0

Source: Compiled by the author

the entire vegetation period. In both studied varieties, a gradual increase in dry matter indicators was observed from the rosette phase to the flowering phase, which is due to the intensive growth of the vegetative mass of plants.

In all fertilizer options, the indicators significantly exceeded the control. In particular, in the flowering phase, the dry matter yield of the *Zhuravka* variety was 45,8 c/ha in the control, while with the application of 15 kg/plot it increased to 54,6 c/ha, and with 30 kg/plot – to 62,3 c/ha. A similar trend was observed for the *Kiyanochka* variety, where the corresponding indicators were 47,5; 57,8 and 65,9 c/ha.

The highest values of dry matter yield were recorded at the maximum level of fertilization (30 kg/accounting plot, which corresponds to 10 t/ha), which indicates the effectiveness of the increased level of nutrition for the formation of crop productivity [6]. At the same time, the *Kiyanochka* variety was characterized by slightly higher indicators compared to the *Zhuravka* variety in all variants of the experiment, which indicates its better response to fertilization and higher productive potential.

The results obtained confirm the direct relationship between the level of fertilization and the accumulation of dry matter, and also indicate the feasibility of using the organic fertilizer Greenodin Gray at a rate of 10 t/ha to increase the productivity of oilseed radish in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe [7].

According to the data presented in Table 5, on average for 2024–2025, there is a clear trend towards an increase in yield with an increase in the rate of fertilizer application.

The lowest indicators were recorded in the control variants: in the *Zhuravka* variety – 188,5 c/ha, in the *Kiyanochka* variety – 194,0 c/ha.

Applying 15 kg/plot provided a significant increase in yield: the increase compared to the control was 31.0 c/ha

in *Zhuravka* and 36,5 c/ha in *Kiyanochka*. This indicates an activation of growth processes and improvement of the conditions of mineral nutrition of plants even at an average level of fertilization.

The maximum indicators were obtained with the application of 30 kg/plot, where the yield reached 254,0 c/ha in *Zhuravka* and 266,0 c/ha in *Kiyanochka*. The increase compared to the control was 65,5 and 72,0 c/ha, respectively, which confirms the high efficiency of the increased rate of organic fertilizer.

Overall, the *Kiyanochka* variety demonstrated slightly higher productivity compared to *Zhuravka*, indicating its better adaptive response to improved nutritional conditions and higher biological potential.

Thus, a direct relationship has been established between the level of fertilization and the formation of green mass yield of oilseed radish, which confirms the feasibility of using the organic fertilizer Greenodin Gray in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Conclusions. The study demonstrated that organic fertilization (Greenodin Gray) significantly enhances the growth, assimilative surface formation, and productivity of oilseed radish varieties *Zhuravka* and *Kiyanochka* under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The highest indicators of plant height, leaf area, dry matter accumulation, and green mass yield were obtained at the application rate of 10 t/ha. The *Kiyanochka* variety showed a slightly higher response to improved nutrition conditions, indicating greater adaptive capacity and productivity potential compared to *Zhuravka*. A direct relationship between fertilization level and crop productivity was clearly established.

Further studies should focus on optimizing fertilizer application rates in combination with mineral nutrition, investigating the impact of different soil and climatic conditions, and assessing the economic efficiency of organic

fertilization. Additionally, it is advisable to explore physiological and biochemical parameters of plants to better understand the mechanisms underlying yield formation.

BIBLIOGRAPHY:

- Білоножко Х. Насіннева продуктивність сортів редьки олійної залежно від норм внесення мінеральних добрив. *Агронаука і практика*, Вип. 3, Ч. 2, 2024. С. 4–10. DOI: 10.32636/agroscience.2024-(3)-2-1
- Ковка Н.С. Технологічні особливості вирощування різних сортів редьки олійної (*Raphanus Sativus* L. Var. *Oleiferus* Pers) в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Вип. 146. Ч. 1. С. 78–86. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.9>
- Редька олійна. Стратегія використання та вирощування: монографія / Я. Г. Цицюра, Т. В. Цицюра. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. 624 с.
- Цицюра Я.Г. Формування та продуктивність асиміляційної поверхні посівів редьки олійної залежно від норм висіву, способу сівби і удобрення в лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. Р. 121–129.
- Цицюра Я. Г. Роль мікроелементів у системі удобрення редьки олійної у Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 13. С. 54–67. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/23055.pdf> (Last accessed: 25.05.2025).
- Цицюра Я. Г. Система удобрення редьки олійної як чинник формування її продуктивності в умовах Лісостепу правобережного України. *Сільське господарство та лісівництво*. Агрохімія, сучасні напрями застосування добрив та біологічно активних речовин. 2017. № 6 (Т. 1). С. 48–54. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/16689.pdf> (Last accessed: 02.05.2025).
- Цицюра Я. Г. Формування анатомічних особливостей будови стебла редьки олійної залежно від параметрів формування її агрофітоценозів в умовах Правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 103. С. 143–154.
- Цицюра Я. Г., Цицюра Т. В. Формування діаметра стебла рослин редьки олійної залежно від технології вирощування та удобрення в умовах Лісостепу правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2014. № 88. С. 214–218.
- Hereshko H. S., Voloshchuk I. S., Voloshchuk O. P., Hlyva V. V., Bilonizhka Kh. V. Oilseed radish – valuable crop of a wide range use. *Foothill and mountain agriculture and stockbreeding*, 70 (2), 2021. С. 8–17. DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2- 1.
- Tsytsiura Y. Evaluation of Ecological Adaptability of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) Biopotential Realization in the System of Criteria for Multi-Service Cover Crop. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25, No. 7. P. 265–285.
- Tsytsiura Y. Potential of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as a Multi-Service Cover Crop (MSCC). *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22, No. 2. P. 1026–1070.
- Tsytsiura Y., Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Tkachuk O. Oilseed Radish. Agro-Potential in the System of Green Manure, Biofumigation, Phytoremedial and Bioenergy Use. *Riga, Latvia: Baltija Publishing*, 2025. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-605-8-1> (Last accessed: 20.04.2025).
- Voloshchuk O., Panakhid H., Voloshchuk I., Hlyva V., Bilonizhka K. Formation of Sowing Qualities of Oil Radish Seeds Depending on the Nutrition System in the Western Forest-Steppe. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28, No. 2. P. 55–62.

REFERENCES:

- Bilonizhko, Kh.V. (2025). Formuvannia vrozhaivosti ta yakosti nasinnia redky oliinoi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Formation of yield and seed quality of oilseed radish in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. PhD dissertation in Agronomy, specialty 201 "Agronomy", 20 "Agricultural Sciences and Food", Obroshyne, 186 p. URL: https://isgkr.com.ua/images/sampled/kmr/2025/bilonizhky-khrystyny-vasylivny/dysertatsia_bilonizhky-khrystyny-vasylivny.pdf (accessed: April 28, 2026) [in Ukrainian].
- Kovka, N.S. (n.d.). Tekhnolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia riznykh sortiv redky oliinoi (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Pers.) v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Technological features of growing different varieties of oilseed radish in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Tavriyskiy naukovy visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, (146(1)), 78–86 [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H., & Tsytsiura, T.V. (2015). Redka oliina. Stratehiia vykorystannia ta vyroshchuvannia [Oilseed radish. Strategy of use and cultivation]. Vinnytsia: Nilan LTD, 624 p. [in Ukrainian].
- Tsytsiura, T.V. (2013). Formuvannia ta produktyvnist asimiliatsiinoi poverkhni posiviv redky oliinoi zalezno vid norm vysivu, sposobu sivby i udobrennia v Lisostepu pravoberezhnomu [Formation and productivity of assimilative surface of oilseed radish depending on sowing rate, sowing method and fertilization]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, (75), 121–129 [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H. (2019). Rol mikroelementiv u systemi udobrennia redky oliinoi u Lisostepu Pravoberezhnomu Ukrainy [Role of microelements in the fertilization system of oilseed radish in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*, (3), 54–67 [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H. (2017). Systema udobrennia redky oliinoi yak chynnyk formuvannia yii produktyvnosti v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho Ukrainy [Fertilization system of oilseed radish as a factor of productivity formation in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 6(1), 48–54 [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H. (n.d.). Formuvannia anatomichnykh osoblyvostei budovy stebla redky oliinoi zalezno vid parametriv formuvannia yii ahrofitotsenoziv v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Formation of anatomical features of oilseed radish stem depending on agrophytocenosis parameters]. *Tavriyskiy naukovy visnyk*, (103), 143–154 [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H., & Tsytsiura, T.V. (n.d.). Formuvannia diametra stebla roslyn redky oliinoi zalezno vid tekhnolohii yii vyroshchuvannia ta udobrennia v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Stem diameter formation

- of oilseed radish depending on cultivation technology and fertilization]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, (88), 214–218 [in Ukrainian].
9. Hereshko, H.S., Voloshchuk, I.S., Voloshchuk, O.P., Hlyva, V.V., & Bilonizhka, Kh.V. (2021). Oilseed radish – valuable crop of a wide range use. *Pidgirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 70(2), 8–17. DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-1.
 10. Tsytsiura, Y. (2024). Evaluation of ecological adaptability of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). *Journal of Ecological Engineering*, 25(7), 265–285. DOI: 10.12911/22998993/188603.
 11. Tsytsiura, Y. (2024). Potential of oilseed radish as a multi-service cover crop. *Agronomy Research*, 22(2), 1026–1070. DOI: 10.15159/AR.24.086.
 12. Tsytsiura, Y., Palamarchuk, V., Krychkovskyi, V., & Tkachuk, O. (2025). Oilseed radish. Agro-potential in the system of green manure, biofumigation, phytoremedial and bioenergy use. Riga: Baltija Publishing, 808 p. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-605-8-1>.
 13. Voloshchuk, O., Panakhyd, H., Voloshchuk, I., Hlyva, V., & Bilonizhka, K. (2025). Formation of sowing qualities of oil radish seeds depending on the nutrition system in the Western Forest-Steppe. *Scientific Horizons*, 28(2), 55–62. DOI: 10.48077/scihor2.2025.55.

Kovka N.S., Hrytsyshyn V.O. Dynamics of assimilation surface formation and growth processes of oilseed radish plants depending on growing conditions

Oilseed radish is a promising forage, green manure, and soil-improving crop characterized by high adaptability and intensive vegetative biomass formation. The efficiency of its cultivation is largely determined by the peculiarities of assimilation apparatus formation, which directly affects photosynthetic activity and productivity level. Therefore, studying the influence of growing conditions on plant growth, development, and leaf surface formation is of particular scientific importance. **Purpose.** The aim of this study was to investigate the peculiarities of growth, assimilation surface formation, and productivity of oilseed radish depending on the level of organic fertilization and varietal characteristics under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The study was conducted under field conditions at the experimental farm «Ahronomichne». Phenological observations, biometric measurements of plants, the leaf imprint method for determining the assimilation surface area, and records of green mass and dry matter yield were used. Statistical data processing was performed using generally accepted methods of variation statistics. **Results.** It was established that plant growth significantly depended on fertilization level and varietal characteristics. Plant height increased from 4.2–5.3 cm at the rosette stage to 74.8–104.8 cm at the flowering stage, with the highest values recorded in the Kyranochka variety under increased nutrient supply. A similar pattern was observed in leaf surface formation, which reached 41.2–62.7 thousand m²/ha at the flowering stage. During ontogenesis, a gradual decrease in leafiness was observed, which was associated with the redistribution of assimilates within the plant. A direct relationship was established between the development of the assimilation apparatus and crop productivity formation. Dry matter yield ranged from 45.8 to 65.9 c/ha, while green mass yield ranged from 188.5 to 266.0 c/ha. The highest values were obtained with the application

of the organic fertilizer Greenodin Grey at a rate of 10 t/ha. It was proven that optimization of organic nutrition is a key factor in enhancing growth processes, assimilation surface formation, and productivity of oilseed radish. **Conclusions.** In summary, it can be stated that the growth and development of oilseed radish plants significantly depend on organic fertilization conditions and varietal characteristics. The most intensive growth processes and assimilation surface formation were observed under an optimal level of organic nutrition. During ontogenesis, a natural change in plant leafiness occurs, which is associated with the redistribution of nutrients. The obtained results confirm a strong relationship between the development of the assimilation apparatus and crop yield level. It was established that optimization of the organic fertilization system is an important factor for increasing the productivity of oilseed radish under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: oilseed radish, growth and development, assimilation surface, organic fertilization, leafiness, productivity.

Ковка Н.С., Грицишин В.О. Динаміка формування асиміляційної поверхні та ростових процесів рослин редьки олійної залежно від умов вирощування

Редька олійна є перспективною кормовою, сидеральною та ґрунтополіпшувальною культурою, що характеризується високою пластичністю та інтенсивним формуванням вегетативної маси. Ефективність її вирощування значною мірою визначається особливостями формування асиміляційного апарату рослин, який безпосередньо впливає на інтенсивність фотосинтезу та рівень продуктивності. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває дослідження впливу умов вирощування на ріст, розвиток та формування листової поверхні культури. **Метою** даної роботи є дослідити особливості росту, формування асиміляційної поверхні та продуктивності редьки олійної залежно від рівня органічного удобрення та сортових характеристик в умовах Лісостепу правобережного України. У дослідницькій роботі використано **методи** польових досліджень в умовах дослідного господарства «Агрономічне». Використовувалися фенологічні спостереження, вимірювання біометричних показників рослин, метод листових відбитків для визначення площі асиміляційної поверхні, а також облік урожайності зеленої маси та сухої речовини. Статистичну обробку даних виконували загальноприйнятими методами варіаційної статистики. **Результати** встановлено, що ріст рослин істотно залежав від рівня удобрення та сортових особливостей. Висота рослин зростала від 4,2–5,3 см у фазі розетки до 74,8–104,8 см у фазі цвітіння, з максимальними значеннями у сорту Кияночка за підвищеного рівня живлення. Аналогічна закономірність спостерігалася у формуванні листової поверхні, яка у фазі цвітіння досягала 41,2–62,7 тис. м²/га. Протягом онтогенезу відмічено поступове зниження облиствленості, що пов'язано з перерозподілом асимілятів у рослині. **Результати** показують, що встановлено прямий зв'язок між розвитком асиміляційного апарату та формуванням продуктивності культури. Урожайність сухої речовини становила 45,8–65,9 ц/га, зеленої маси – 188,5–266,0 ц/га. Найвищі показники отримано за внесення органічного добрива Грінодін Грей у дозі 10 т/га. Доведено, що оптимізація органічного живлення є ключовим чинником підвищення ростових процесів, формування асиміляційної поверхні та продуктивності редьки олійної. **Висновки.** Підсумовуючи, можна зазначити,

що ріст і розвиток рослин редьки олійної суттєво залежать від умов органічного удобрення та сортових особливостей. Найбільш інтенсивні ростові процеси та формування асиміляційної поверхні спостерігалися за оптимального рівня органічного живлення. Упродовж онтогенезу відбувається закономірна зміна облистненості рослин, що пов'язано з перерозподілом поживних речовин. Отримані результати підтверджують тісний

зв'язок між розвитком асиміляційного апарату та рівнем урожайності культури. Встановлено, що оптимізація системи органічного удобрення є важливим чинником підвищення продуктивності редьки олійної в умовах Лісостепу правобережного України.

Ключові слова: редька олійна, ріст і розвиток, асиміляційна поверхня, органічне удобрення, облистяність, продуктивність.

Дата першого надходження статті до видання: 24.06.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРОЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

КРАВЧЕНКО Н.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0001-6072-2652

Державний університет «Житомирська політехніка»

МОЖАРІВСЬКА І.А. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-0564-4457

Державний університет «Житомирська політехніка»

ГНІТЕЦЬКИЙ М.О. – доктор PhD з агрономії, доцент
orcid.org/0000-0002-8088-2677

ЗАХАРЧУК Н.А. – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
учений секретар
orsid.org/0000-0002-8194-2491

Інститут картоплярства НААН України

ОЛІЙНИК Т.М. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, доцент
orcid.org/0000-0002-7235-9413

Інститут картоплярства НААН України

ВОЛОШИН І.Є. – старший викладач
orcid.org/0009-0003-2394-0660

Охтирський фаховий коледж

Сумського національного аграрного університету

Постановка проблеми. Екологічна стійкість агро-екосистем є одним із ключових завдань сучасного природокористування. Інтенсивний розвиток промисловості, транспортної інфраструктури, хімізація сільськогосподарства та інші види господарської діяльності призводять до накопичення важких металів у ґрунтах, що негативно впливає на їх екологічний стан, родючість і якість сільськогосподарської продукції. Актуальність полягає в тому, що в умовах змін клімату, які супроводжуються підвищенням середньорічної температури, зміню режимом атмосферних опадів і збільшенням частоти екстремальних погодних явищ. За оцінками IPCC (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*) – МГЕЗК (Міжурядової групи експертів зі зміни клімату органу Організації Об'єднаних Націй з оцінки наукових даних, пов'язаних зі зміною клімату) <https://report.ipcc.ch/>, глобальна температура у 2011–2020 роках була приблизно на 1,1°C вищою порівняно з доіндустріальним періодом, що супроводжується змінами біогеохімічних процесів і посиленням ризиків деградації ґрунтів.

Під впливом кліматичних чинників змінюються міграція, рухливість і біодоступність важких металів, а це може сприяти їх інтенсивнішому надходженню до рослин та включенню у трофічні ланцюги. У зв'язку з цим особливого значення набуває пошук екологічно-безпечних способів очищення забруднених ґрунтів. Фіторе mediaція – це використання рослин для вилучення, стабілізації, або трансформації токсичних речовин, один з найбільш перспективних напрямів, на відміну від традиційних фізико-хімічних методів, фіторе mediaція характеризується відносно низькою вартістю, екологічною безпечністю та

можливістю відновлення екосистем без суттєвого порушення їх природної структури.

Метою дослідження є узагальнення сучасних наукових підходів, щодо використання фіторе mediaції, як екологічно безпечного методу відновлення ґрунтів, забруднених важкими металами, визначення ролі рослин-аккумулятивів у процесах зниження техногенного навантаження на агроекосистеми та обґрунтування перспектив застосування фіторе mediaційних технологій для забезпечення екологічної безпеки агроландшафтів в умовах кліматичних змін.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконано із застосуванням комплексу загальнонаукових та спеціальних методів наукового пізнання. Інформаційною базою дослідження були результати сучасних вітчизняних [2, 5] і зарубіжних наукових праць [6, 9, 11], присвячених проблемам забруднення ґрунтів важкими металами [1, 3], фіторе mediaції [7, 10], фітоіндикації, екологічної безпеки агроекосистем [4, 12], раціонального природокористування та адаптації сільського господарства до змін клімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема забруднення ґрунтів важкими металами належить до глобальних екологічних викликів, оскільки ґрунт є накопичувачом забруднювальних речовин і, водночас базою для виробництва продовольства. У звіті FAO та UNEP “Global Assessment of Soil Pollution” наголошено, що забруднення ґрунтів має прямі ризики для здоров'я людини, довкілля та продовольчої безпеки, а його наслідки часто є довготривалими й складними для усунення.



Сучасні дослідження [5, 8] підтверджують, що важкі метали, зокрема кадмій, свинець, нікель, мідь, цинк, хром і арсен, можуть накопичуватися у ґрунті, переходити в рослини та включатися у трофічні ланцюги. У 2025 році в журналі «Science» дано глобальну оцінку, згідно з якою близько 14–17% світових орних земель мають ризик забруднення токсичними металами, а від 0,9 до 1,4 млрд людей проживають у регіонах підвищеного екологічного та санітарного ризику.

У науковій літературі фіторе mediaція розглядається, як один із перспективних, екологічно безпечних і відносно економічно доступних методів відновлення забруднених ґрунтів [12–13]. Її сутність полягає у використанні рослин для вилучення, стабілізації, або зниження токсичності забруднювальних речовин у ґрунтового середовищі. До основних напрямів фіторе mediaції належать: фітоекстракція, фітостабілізація, ризофільтрація та фітодеградація [14–15]. Особливе значення мають рослини-акумулянти та гіперакумулянти, здатні поглинати й накопичувати підвищені концентрації важких металів у надземній, або кореневій біомасі. Рослини-акумулянти – це рослини, які накопичують у своїх тканинах (корінні, стебла, листках) різні хімічні елементи, зокрема важкі метали та токсичні речовини. Гіперакумулянти – це унікальні види, які мають ці елементи в екстремально високих концентраціях, часто в 100–1000 разів більших, ніж звичайні рослини, без шкоди для власного розвитку.

Дослідження науковців 2023–2025 рр. підкреслюють, що ефективність фіторе mediaції може підвищуватися за рахунок добору видів рослин, використання мікроорганізмів, біовугілля та інших екологічно безпечних допоміжних засобів [14–15].

Водночас ефективність фіторе mediaції значною мірою залежить від: властивостей ґрунту, рівня його забруднення, кислотності, вологості, температурного режиму та біологічних особливостей рослин. Окремі дослідження показують, що зміни клімату можуть впливати на рухливість важких металів у ґрунті, зокрема через зміну температури, вологості, мікробіому та кислотності ґрунтового середовища. У дослідженні 2024 року зазначено, що майбутні кліматичні умови можуть підвищувати рухливість кадмію, особливо в слабкокислих ґрунтах [13–14].

Отже, аналіз наукових джерел свідчить, що фіторе mediaція є перспективним напрямом раціонального природокористування та екологічного відновлення агроєкосистем. Водночас недостатньо дослідженими залишаються питання адаптації фіторе mediaційних технологій до умов кліматичних змін, зокрема впливу

посух, підвищення температури та зміни вологості ґрунту на акумуляцію важких металів рослинами. Саме ці аспекти визначають актуальність подальших досліджень у цьому напрямі.

Результати досліджень. Забруднення ґрунтів важкими металами є одним із найбільш небезпечних проявів антропогенного впливу на довкілля. На відміну від більшості органічних забруднювачів, важкі метали практично не піддаються біологічному розкладанню, характеризуються високою стійкістю в навколишньому середовищі та здатністю накопичуватися у ґрунті протягом десятиліть. Це призводить до погіршення екологічного стану агроландшафтів, зниження родючості ґрунтів, порушення біогеохімічних циклів та зростання ризиків надходження токсичних елементів у продукцію рослинництва.

У сучасних умовах особливої актуальності проблема набуває внаслідок поєднання антропогенного навантаження зі змінами клімату: підвищення температури повітря, зміна режиму атмосферних опадів, збільшення тривалості посушливих періодів і зростання частоти екстремальних погодних явищ впливають на фізико-хімічні властивості ґрунтів, інтенсивність міграції поліюантів та їх біологічну доступність для рослин.

Основними джерелами надходження важких металів у ґрунти є діяльність промислових підприємств, транспорт, теплоенергетика, гірничодобувна промисловість, використання мінеральних добрив, засобів захисту рослин, органічних добрив і стічних вод. В останні роки до цих чинників в Україні додався негативний вплив воєнних дій, що супроводжується локальним забрудненням територій продуктами руйнування будівель, військової техніки та боєприпасів. (табл. 1).

Особливістю важких металів є їхня здатність переходити між окремими компонентами екосистеми. Спочатку вони накопичуються у ґрунті, після чого поглинаються кореневою системою рослин, переміщуються у надземні органи, а згодом через продукти харчування можуть потрапляти до організму людини і тварин. Саме тому оцінка міграції важких металів у системі «ґрунт – рослина – людина» є одним із найважливіших напрямів сучасної агроєкології (табл. 2).

Аналіз наведених даних свідчить, що джерела надходження важких металів мають переважно антропогенне походження. Найбільш небезпечними для агроландшафтів є кадмій і свинець, які характеризуються високою токсичністю навіть за незначних концентрацій. Особливу небезпеку становить їх накопичення у верхньому гумусовому горизонті, де формується основна маса кореневої системи сільськогосподарських культур.

Таблиця 1

Основні джерела надходження важких металів у ґрунт

Важкий метал	Основні джерела	Вплив на ґрунт	Рослини-акумулянти	Метод фіторе mediaції
Cd	Мінеральні добрива, промисловість	Висока рухливість	Гірчиця, соняшник	Фітоекстракція
Pb	Транспорт, металургія	Низька рухливість	Верба, тополя	Фітостабілізація
Zn	Промисловість, стоки	Помірна рухливість	Ріпак, амарант	Фітоекстракція
Cu	Засоби захисту рослин	Накопичення у верхньому шарі	Соняшник	Фітоекстракція

Таблиця 2

Основні джерела надходження важких металів у ґрунт та їх екологічні наслідки

Основні важкі метали	Джерело забруднення	Екологічні наслідки
Pb, Cd, Zn, Cu	Металургійна промисловість	Забруднення ґрунтів, зниження біологічної активності
Pb, Zn, Cu	Автомобільний транспорт	Локальне забруднення придорожніх територій
Cd, Pb	Мінеральні добрива	Накопичення токсичних елементів у орному шарі
Cu, As	Засоби захисту рослин	Порушення ґрунтової мікрофлори
Cd, Ni, Cr	Стічні води та осади	Вторинне забруднення агроландшафтів
Pb, Cu, Zn, Ni	Воєнні дії	Комплексне забруднення ґрунтового покриву

Таблиця 3

Найпоширеніші рослини-аккумулянти важких металів

Рослина	Основні метали	Основний механізм ремедіації	Практичне використання
Соняшник (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Pb, Cd, Zn	Фітоекстракція	Очищення сільськогосподарських земель
Гірчиця сарептська (<i>Brassica juncea</i>)	Cd, Pb, Ni	Фітоекстракція	Рекультивация промислових територій
Верба (<i>Salix</i> spp.)	Cd, Zn, Cu	Фітостабілізація, фітоекстракція	Захисні смуги, рекультивация
Тополя (<i>Populus</i> spp.)	Pb, Zn, Cd	Фітостабілізація	Прибережні та урбанізовані території
Амарант (<i>Amaranthus</i> spp.)	Cd, Zn	Фітоекстракція	Дослідні та рекультивацийні ділянки
Ріпак (<i>Brassica napus</i> L.)	Cd, Zn	Фітоекстракція	Агроландшафти з помірним забрудненням

Міграція важких металів у системі «ґрунт – рослина». Поведінка важких металів у ґрунті визначається гранулометричним складом, вмістом органічної речовини, реакцією ґрунтового розчину, ємністю катіонного обміну та біологічною активністю ґрунту. Відомо, що в кислих ґрунтах рухливість кадмію, цинку та нікелю значно зростає, тоді як у нейтральному, або слабколужному середовищі більшість металів переходить у малодоступні форми.

Зміни клімату істотно впливають на зазначені процеси. Підвищення температури прискорює мінералізацію органічної речовини, що супроводжується вивільненням зв'язаних форм металів. Періоди тривалих опадів можуть сприяти їх вертикальній міграції, тоді, як посуха нерідко призводить до накопичення металів у верхніх горизонтах ґрунту.

Після надходження у ґрунтовий розчин важкі метали поглинаються кореневою системою рослин. Подальший їх транспорт здійснюється ксилемою до листків, стебел і генеративних органів. Ступінь накопичення визначається біологічними особливостями виду, сорту, або гібриду рослин, фізіологічним станом, а також концентрацією металів у середовищі.

Рослини-аккумулянти як основа фіторемедіації. Одним із найефективніших біологічних способів очищення забруднених територій є використання рослин-аккумулянтів, які здатні інтенсивно поглинати, транспортувати та накопичувати важкі метали у своїй біомасі. На відміну від традиційних фізико-хімічних методів рекультивациї, фіторемедіація не порушує структуру ґрунту, характеризується відносно невисокою вартістю та сприяє поступовому відновленню екологічних функцій агроecosистем.

Найбільш перспективними рослинами для очищення ґрунтів вважаються представники родин Brassicaceae, Salicaceae, Poaceae та Asteraceae (табл. 3). Вони відзначаються високою швидкістю росту, значною біомасою,

добре розвинутою кореневою системою та здатністю накопичувати підвищені концентрації кадмію, свинцю, цинку, міді й нікелю [11–12].

Дані таблиці 3 свідчать, що найбільший потенціал для очищення ґрунтів мають види, які поєднують високу продуктивність біомаси зі здатністю інтенсивно накопичувати токсичні елементи. Вибір рослин залежить від виду забруднення, ґрунтово-кліматичних умов, рівня концентрації металів і подальшого способу утилізації рослинної біомаси. Особливо перспективним є використання місцевих видів, адаптованих до конкретних природних умов, що підвищує ефективність фіторемедіації та зменшує ризики для агроecosистем.

Висновки. Встановлено, що забруднення ґрунтів важкими металами є одним із найнебезпечніших наслідків антропогенного впливу на агроecosистеми. Висока стійкість важких металів у навколишньому середовищі, їх здатність до біоаккумуляції та включення у трофічні ланцюги створюють довготривалі екологічні ризики для функціонування природних і аграрних екосистем, а також для здоров'я населення. Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на розроблення інтегрованих систем ремедіації із застосуванням рослин-аккумулянтів, асоційованих ґрунтових мікроорганізмів та інших природоорієнтованих технологій, а також на оцінювання ефективності фіторемедіації за різних сценаріїв кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Балюк С. А. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 11–17.
- Стратегія збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України / за ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва. Київ : Аграрна наука, 2012. 239 с.
- Фурдичко О. І., Дребот О. І., Дем'янюк О. С., Ткач Є. Д., Бунас А. А. Екологія агрофери:

- підручник. Київ : ДІА, 2022. 336 с. <https://doi.org/10.33730/978-617-7785-30-8>.
4. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. Оцінювання впливу змін клімату на продуктивність агроєкосистем за супутниковими даними: рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2021. 40 с.
 5. Арданов П. Є. (ред.), Герасько Т. В., Дем'янюк О. С. та ін. Агроєкологія та пермакультура: продовольча безпека, повоєнне відновлення, нульове забруднення, сталий розвиток : підручник. Київ : Талком, 2023. 240 с. <https://doi.org/10.36994/978-617-8352-05-9-2023-240>
 6. Sytar O., Taran N. Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine: a review. *Journal of Central European Agriculture*. 2022. Vol. 23(4). P. 881–884.
 7. Мельниченко В. Фіторемедіація ґрунтів, забруднених внаслідок військового та антропогенного впливу. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2024. Т. 20. № 4. С. 72–84. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.72>
 8. Борецька Ю., Джура Н., Романюк О. Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. *Екологічні науки*. 2021. № 6. С. 72–76. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11>
 9. Alloway B. J. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability. 3rd ed. Dordrecht: Springer, 2013. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>
 10. Kabata – Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. Boca Raton : CRC Press, 2010. <https://doi.org/10.1201/b10158>
 11. Salt D. E., Smith R. D., Raskin I. Phytoremediation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 1998. Vol. 49. P. 643–668.
 12. Sharma J. K., Kumar N., Singh N. P., Santal A. R. Phytoremediation technologies and their mechanism for removal of heavy metal from contaminated soil: An approach for a sustainable environment. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. Article 1076876. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1076876>
 13. Hulich M., Kharchenko O., Yemchenko N., Olshevska O., Lyubarska L. The war in Ukraine: the problem of heavy metal contamination of agricultural land and products. *Environment & Health*. 2024. № 4(113). P. 38–44. <https://doi.org/10.32402/dovkil2024.04.038>
 14. Chernychenko I., Lytychenko O., Babii V., Kondratenko O., Hlavachek D. On the issue of determining the background level of soil pollution with heavy metals when determining the impact of military actions. *Environment & Health*. 2025. <https://doi.org/10.32402/dovkil2025.01.018>
 15. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), United Nations Environment Programme (UNEP). Global Assessment of Soil Pollution: Report. Rome : FAO, 2021.
 2. Baliuk, S. A., & Medvediev, V. V. (Eds.). (2012). *Stratehiia zbalansovanoho vykorystannia, vidtvorennia i upravlinnia gruntovymy resursamy Ukrainy* [Strategy for sustainable use, restoration and management of soil resources of Ukraine]. Kyiv : Ahrarna nauka. [in Ukrainian].
 3. Furdychko, O. I., Drebot, O. I., Demianiuk, O. S., Tkach, Ye. D., & Bunas, A. A. (2022). *Ekolohiia ahrosfery* [Ecology of the agrosphere]. Kyiv : DIA. <https://doi.org/10.33730/978-617-7785-30-8> [in Ukrainian].
 4. Tarariko, O. H., Iliencko, T. V., Kuchma, T. L., & Bilokin, O. A. (2021). *Otsiniuvannia vplyvu zmin klimatu na produktyvnist ahroekosystem za suputnykovymy danymy: rekomendatsii* [Assessment of climate change impacts on agroecosystem productivity using satellite data: Guidelines]. Kyiv : Ahrarna nauka. [in Ukrainian].
 5. Ardanov, P. Ye. (Ed.), Herasko, T. V., Demianiuk, O. S., et al. (2023). *Ahroekolohiia ta permakultura: prodovolcha bezpeka, povoiennne vidnovlennia, nulove zabrudnennia, stalyi rozvytok* [Agroecology and permaculture: Food security, post-war recovery, zero pollution, sustainable development]. Kyiv : Talkom. <https://doi.org/10.36994/978-617-8352-05-9-2023-240> [in Ukrainian].
 6. Sytar, O., & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine: A review. *Journal of Central European Agriculture*, 23(4), 881–884.
 7. Melnychenko, V. (2024). *Fitoremediatsiia gruntiv, zabrudnenykh vnaslidok viiskovoho ta antropohennoho vplyvu* [Phytoremediation of soils contaminated by military and anthropogenic impacts]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 20(4), 72–84. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.72> [in Ukrainian].
 8. Boretska, Yu., Dzhura, N., & Romaniuk, O. (2021). *Fitoremediatsiia tekhnohenno zabrudnenykh gruntiv z vykorystanniam enerhetychnykh kultur* [Phytoremediation of technogenically contaminated soils using energy crops]. *Ekolohichni nauky*, 6, 72–76. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11> [in Ukrainian].
 9. Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>
 10. Kabata-Pendias, A. (2010). *Trace Elements in Soils and Plants* (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10158>
 11. Salt, D. E., Smith, R. D., & Raskin, I. (1998). *Phytoremediation. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 643–668.
 12. Sharma, J. K., Kumar, N., Singh, N. P., & Santal, A. R. (2023). *Phytoremediation technologies and their mechanism for removal of heavy metal from contaminated soil: An approach for a sustainable environment. Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1076876. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1076876>
 13. Hulich, M., Kharchenko, O., Yemchenko, N., Olshevska, O., & Lyubarska, L. (2024). *The war in Ukraine: The problem of heavy metal contamination of agricultural land and products. Environment & Health*, 4(113), 38–44. <https://doi.org/10.32402/dovkil2024.04.038>
 14. Chernychenko, I., Lytychenko, O., Babii, V., Kondratenko, O., & Hlavachek, D. (2025). *On the issue of determining the background level of soil pollution with*

REFERENCES:

1. Baliuk, S. A. (2016). Suchasni problemy biolohichnoi dehradatsii chornozemiv i sposoby zberezhenia yikh rodiuchosti [Current problems of biological degradation of chernozems and ways of preserving their fertility]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 1, 11–17. [in Ukrainian].

heavy metals when determining the impact of military actions. *Environment & Health*. <https://doi.org/10.32402/dovkil2025.01.018>

15. Food and Agriculture Organization of the United Nations, & United Nations Environment Programme. (2021). *Global Assessment of Soil Pollution: Report*. Rome: FAO.

Кравченко Н.В., Можарівська І.А., Гнітецький М.О., Захарчук Н.А., Олійник Т.М., Волошин І.Є. Фіторе mediaція ґрунтів, забруднених важкими металами, як інструмент забезпечення екологічної безпеки агро екосистем в умовах кліматичних змін

Мета. Узагальнити дослідження сучасних наукових підходів, щодо використання фіторе mediaції, як екологічно безпечного методу відновлення ґрунтів, забруднених важкими металами, визначення ролі рослин-акумулянтів у процесах зниження техногенного навантаження на агро екосистеми та обґрунтування перспектив застосування фіторе mediaційних технологій для забезпечення екологічної безпеки агро ландшафтів в умовах кліматичних змін.

Методи. Дослідження виконано із застосуванням комплексу загальнонаукових та спеціальних методів наукового пізнання. Інформаційною базою дослідження були результати сучасних вітчизняних, і зарубіжних наукових праць, присвячених проблемам забруднення ґрунтів важкими металами, фіторе mediaції, фітоіндикації, екологічної безпеки агро екосистем, раціонального природокористування та адаптації сільського господарства до змін клімату. Методологічною основою дослідження стали методи аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення та систематизації результатів вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень з проблем забруднення ґрунтів важкими металами, особливостей їх міграції, застосування рослин-акумулянтів і технологій фіторе mediaції.

Результати. У роботі проаналізовано основні джерела надходження важких металів у ґрунтового середовища, особливості їх акумуляції в рослинах, механізми фіто екстракції, фітостабілізації та ризофільтрації. Встановлено, що ефективність фіторе mediaції залежить від біологічних особливостей рослин, властивостей ґрунту, концентрації політантів і гідротермічних умов. Показано, що зміни клімату можуть впливати на рухливості важких металів через зміну температурного режиму, вологості ґрунту та його кислотності, що потребує врахування цих факторів при виборі фіторе mediaційних технологій.

Висновки. Обґрунтовано, що використання рослин-акумулянтів є одним із перспективних напрямів раціонального природокористування, сприяє відновленню

екологічних функцій ґрунту та підвищенню екологічної безпеки агро екосистем.

Ключові слова: важкі метали, ґрунт, рослини-акумулянти, фіторе mediaція, екологічна безпека, агро екосистема, клімат.

Kravchenko N.V., Mozharivska I.A., Hnitskyi M.O., Zakharchuk N.A., Oliynyk T.M., Voloshyn I.Ye. Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals as a tool for ensuring the ecological safety of agroecosystems in the context of climate change

Objective. To summarize the research of modern scientific approaches to the use of phytoremediation as an environmentally safe method of restoring soils contaminated with heavy metals, to determine the role of accumulative plants in the processes of reducing the technogenic load on agroecosystems and to substantiate the prospects for the use of phytoremediation technologies to ensure the ecological safety of agrolandscapes in the context of climate change.

Methods. The study was carried out using a complex of general scientific and special methods of scientific knowledge. The information base of the study was the results of modern domestic and foreign scientific works devoted to the problems of soil contamination by heavy metals, phytoremediation, phytoindication, ecological safety of agroecosystems, rational nature management and adaptation of agriculture to climate change. The methodological basis of the study was the methods of analysis, synthesis, comparison, generalization and systematization of the results of domestic and foreign scientific research on the problems of soil contamination by heavy metals, the features of their migration, the use of accumulating plants and phytoremediation technologies.

Results. The work analyzed the main sources of heavy metals entering the soil environment, the features of their accumulation in plants, the mechanisms of phytoextraction, phytostabilization and rhizofiltration. It was established that the effectiveness of phytoremediation depends on the biological characteristics of plants, soil properties, pollutant concentration and hydrothermal conditions. It was shown that climate change can affect the mobility of heavy metals through changes in temperature, soil moisture and acidity, which requires taking these factors into account when choosing phytoremediation technologies.

Conclusions. It is substantiated that the use of accumulator plants is one of the promising areas of rational environmental management, contributes to the restoration of soil ecological functions and increases the ecological safety of agroecosystems.

Key words: heavy metals, soil, accumulator plants, phytoremediation, ecological safety, agroecosystem, climate.

Дата першого надходження статті до видання: 16.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ХВОРОБИ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ГОРОХУ ПІДЗИМНЬОГО СТРОКУ СІВБИ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ У ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

КРИВЕНКО А.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0002-2133-3010

Одеський державний аграрний університет

УСОВ Р.М. – аспірант

orcid.org/0009-0003-2282-7025

Одеський державний аграрний університет

Постановка проблеми. В умовах реформування аграрного сектору України та переходу до інтенсивних технологій землеробства особливої актуальності набуває проблема стабільного виробництва рослинного білка. Вирішальна роль у цьому процесі належить зернобобовим культурам, серед яких провідне місце займає горох – основна зернобобова культура України, що характеризується високим вмістом протеїну, збалансованим амінокислотним складом, високою кормовою та агротехнічною цінністю.

Незважаючи на значний потенціал урожайності та наявність районованих високопродуктивних сортів, фактична реалізація продуктивності гороху, зокрема підзимнього строку сівби, залишається недостатньою. Однією з головних причин цього є ураження рослин хворобами, серед яких особливої шкоди завдають хвороби кореневої системи, зокрема фузаріозні кореневі гнилі. Ураження коренів призводить до зрідження сходів, ослаблення рослин, порушення симбіозу з бульбочковими бактеріями, зниження азотфіксації та, як наслідок, значних втрат урожаю.

За даними наукових досліджень, втрати врожаю гороху від комплексу шкідливих організмів можуть сягати 20–30%, а за сприятливих умов для розвитку хвороб – 50–80% і більше. У зоні Лісостепу України, де зосереджені найбільші площі посівів гороху, поєднання ґрунтово-кліматичних умов із підзимнім строком сівби створює підвищений ризик розвитку ґрунтових і насінних інфекцій, що уражують кореневу систему на ранніх етапах органогенезу.

У зв'язку з цим, виникає об'єктивна необхідність поглибленого вивчення поширення та шкодочинності хвороб кореневої системи гороху підзимнього строку сівби, а також наукового обґрунтування ефективних шляхів зниження втрат урожаю. Особливо актуальним є дослідження ролі агротехнічних і хімічних заходів, зокрема протруювання насіння, у складі інтегрованої системи захисту рослин в умовах Лісостепу України, що й зумовлює актуальність даної наукової роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження свідчать, що ключовим елементом інтенсивної та екологічно орієнтованої технології вирощування гороху є інтегрована система захисту рослин від хвороб, шкідників і бур'янів. Вона ґрунтується на поєднанні агротехнічних, селекційно-генетичних, біологічних

та хімічних заходів із урахуванням ґрунтово-кліматичних умов вирощування та фітосанітарного стану агроценозів [1, 2, 9].

За даними вітчизняних і зарубіжних авторів, провідна роль у зниженні шкодочинності комплексу хвороб гороху, зокрема корневих гнилей фузаріозного й афаноміцетного походження, належить агротехнічним заходам. Рациональна сівозміна, оптимальні строки та способи сівби, використання якісного посівного матеріалу, збалансоване удобрення й науково обґрунтована система обробітку ґрунту істотно зменшують інфекційний фон і сприяють підвищенню стійкості рослин [3, 4, 10].

Численні дослідження підтверджують, що неправильне розміщення гороху в сівозміні, зокрема повернення культури на попереднє поле раніше, ніж через 4–5 років або висів після зернобобових і багаторічних бобових трав, призводить до накопичення збудників корневих гнилей та зростання чисельності спеціалізованих шкідників. У зоні Лісостепу України найкращими попередниками для гороху вважаються просапні культури, зокрема кукурудза на силос, що забезпечує кращі фітосанітарні умови та формування повноцінного насіння [2, 5, 7].

Важливе місце в інтегрованому захисті посівів належить системі обробітку ґрунту. За результатами досліджень Інституту захисту рослин НААН, поєднання поверхневого обробітку стерні з глибокою зяблевою оранкою сприяє зменшенню чисельності ґрунтових фаз шкідників та знижує запас інфекції збудників корневих і листових хвороб [6, 7].

Суттєвий вплив на розвиток хвороб кореневої системи, має рівень мінерального живлення рослин. Збалансоване внесення фосфорно-калійних добрив у поєднанні з помірними дозами азоту підвищує стійкість гороху до фузаріозних і аскохітозних уражень, тоді як надлишкове азотне живлення сприяє розвитку корневих гнилей і сірої гнилі [4, 9].

Окрему увагу в сучасних дослідженнях приділяють передпосівній підготовці насіння. Доведено, що протруювання насіння системними фунгіцидами в поєднанні з інокуляцією ефективними штамми бульбочкових бактерій істотно знижує ураження сходів кореневими гнилями, покращує польову схожість і сприяє формуванню вищого рівня врожайності [4, 2]. У практиці вирощування гороху в Україні дозволено застосування



сучасних препаратів на основі флудиоксонілу, карбоксину та тираму відповідно до чинного «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» [8].

Значного розвитку в останні роки, набули біологічні методи захисту гороху. Використання мікробіологічних препаратів на основі *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.* та *Trichoderma spp.* забезпечує пригнічення збудників фузаріозних коренових гнилей, активізує ростові процеси й підвищує адаптивний потенціал рослин, що особливо важливо за підзимнього строку сівби [9, 10].

Отже, аналіз наукових джерел свідчить, що ефективне обмеження розвитку хвороб кореневої системи гороху можливе, лише за умов комплексного застосування агротехнічних, хімічних і біологічних заходів у межах інтегрованої системи захисту. Водночас питання поширення та шкодочинності коренових гнилей гороху підзимнього строку сівби в зоні Лісостепу України, а також адаптації сучасних елементів захисту до цих умов, залишаються недостатньо вивченими й потребують подальших наукових досліджень.

Метою досліджень було визначення біологічної, фітосанітарної та господарської ефективності сучасних методів передпосівної обробки насіння гороху із застосуванням дозволених системних фунгіцидних протруйників та біологічних препаратів у порівнянні з необробленим контролем, з урахуванням вимог інтегрованого захисту рослин, підвищення стійкості посівів до хвороб кореневої системи та забезпечення екологічної безпеки агроценозів у зоні Лісостепу України.

Для реалізації поставленої мети в умовах польової сівозміни ТОВ «СИЛІКАТ-1» Черкаської області було закладено польовий дрібноділяночний дослід, спрямований на оцінку впливу різних варіантів передпосівної обробки насіння гороху на розвиток рослин, поширення та розвиток коренових гнилей і формування врожайності.

Метою статті є наукове обґрунтування ефективності сучасних методів передпосівної обробки насіння гороху з використанням системних фунгіцидних протруйників і біологічних препаратів на основі *Trichoderma spp.* та *Bacillus subtilis* у зниженні розвитку хвороб кореневої системи, покращенні фітосанітарного стану посівів і підвищенні врожайності культури в умовах Лісостепу України з урахуванням вимог інтегрованого захисту рослин та екологічної безпеки агроценозів.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. у виробничих умовах ТОВ «СИЛІКАТ-1» Черкаської області, розташованого в зоні Лісостепу України. Польові досліді закладали у польовій сівозміні на чорноземі типовому малогумусному, середньосуглинковому, з вмістом гумусу 3,2–3,5% та реакцією ґрунтового розчину рН 6,4–6,8.

Досліді проводилися на гороху (*Pisum sativum L.*) сорту Мороз, зернового напрямку використання, районований і рекомендований для вирощування в умовах Лісостепу України. Сорт характеризується підвищеною холодо- та зимостійкістю, що зумовлює його придатність для підзимнього строку сівби. Вирощування культури здійснювали за загальноприйнятою для зони технологією з дотриманням рекомендованих строків сівби, норм

висіву та системи удобрення. Попередником гороху була кукурудза на зерно.

Для реалізації поставленої мети було закладено польовий дрібноділяночний дослід. Повторюваність дослідів – чотириразова, розміщення варіантів – суцільне. Загальна площа ділянки становила 200 м², облікова – 100 м².

З метою захисту насіння та сходів від фузаріозної кореневої гнилі використовували сучасні системні фунгіцидні протруйники та біологічні препарати. У нашому досліді були наступні варіанти:

1. Контроль – насіння без передпосівної обробки;
2. Хімічне протруювання – насіння, оброблене системним фунгіцидним протруйником на основі флудиоксонілу та металаксилу-М (*Максим XL*) Норма витрати – 1,0 л/т;
3. Комбінована обробка – насіння, оброблене фунгіцидним протруйником (*Максим XL*) з нормою витрати – 1,0 л/т, у поєднанні з біологічним препаратом на основі *Trichoderma spp.* (Триходермін) з нормою витрати – 2,5 л/т, застосованим згідно з рекомендаціями виробника;
4. Біологізована обробка – насіння, оброблене біологічними препаратами на основі *Trichoderma spp.* (Триходермін), з нормою витрати – 2,5 л/т та *Bacillus subtilis* (Фітоспорин-М), з нормою – 2,5 л/га.

Передпосівну обробку насіння проводили за 24–48 год до сівби з дотриманням регламентів застосування препаратів. У комбінованому варіанті біологічні препарати застосовували окремо від хімічного протруйника з урахуванням їх сумісності та життєздатності мікроорганізмів.

У процесі вегетації проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин гороху. Польову схожість насіння визначали на фазі повних сходів. Поширення та розвиток коренових гнилей оцінювали у фазах сходів, бутонізації та цвітіння шляхом відбору модельних рослин з кожної ділянки з подальшою візуальною діагностикою ураження кореневої системи. Облік ураження проводили за загальноприйнятими фітопатологічними методиками з визначенням поширення (%) та розвитку (%) хвороби.

Господарську ефективність досліджуваних заходів оцінювали за показниками структури врожаю (густота рослин, кількість бобів на рослині, маса 1000 насінин) та врожайності зерна, яку визначали шляхом суцільного збирання облікових ділянок з перерахунком на стандартну вологість.

Отримані експериментальні дані обробляли методами дисперсійного аналізу з визначенням достовірності різниць між варіантами дослідів. Результати вважали статистично значущими за рівня ймовірності $P \leq 0,05$.

Результати досліджень. В посівах гороху спостерігаються різні типи кореневої гнилі: фузаріозна, різкотоніозна, аскохітозна та афаноміцетна. У Лісостеповій зоні України найбільше поширена фузаріозна коренева гниль, збудниками якої є гриби роду *Fusarium* Link, серед яких найбільш вірулентним є *Fusarium oxysporum* Schlecht emend. Snyder et Hansen. Хвороба проявляється від проростання насіння до збирання врожаю

і вражає центральні та бічні корінці, підземну частину стебла. Уражені рослини жовтіють, відстають у рості, при дефіциті вологи буріють і відмирають, а їх коренева система легко висмикується з ґрунту.

Облік польової схожості показав, що обробка насіння Максим XL забезпечувала суттєве підвищення польової схожості порівняно з контролем (табл. 1). Польова схожість насіння значно покращувалась при обробці Максим XL та особливо при комбінованому варіанті. У контролі сходи досягали 80,9%, при застосуванні препарату Максим XL – 85,9%, в комбінації з біопрепаратом Триходерміном – 89,8%, а при біологізованій обробці – 85,1%.

Досліджено, що густина посівів також залежала від обробки: на контролі у середньому була на рівні – 1,31 млн./га, при хімічному протруєнні – 1,39 млн./га, при комбінованій обробці – 1,45 млн./га, а при біологізованому варіанті – 1,37 млн./га. Це підтверджує, що обробка насіння покращує рівномірність сходів і створює оптимальні умови для росту рослин.

Встановлено, що кількість бульбочок на корінцях у фазі 3-х пар листків залишалась стабільною на всіх варіантах (20,5–21,2 шт.), що свідчить про відсутність пригнічувального впливу протруйника на азотофіксуючі бактерії.

Обробка насіння Максим XL ефективно зменшувала ураження рослин фузаріозною кореневою гниллю: на фазі 2–3 пар листків ураження на контролі становило 8,4%, на варіанті з Максим XL – 1,5%, а при комбінованій обробці – 0,9%. У фазі цвітіння біологічна ефективність протруйника зменшувалась до 26,1%, а комбінованої обробки – до 27,8%, що демонструє високий захисний ефект на ранніх етапах росту та розвитку рослин.

Урожайність гороху також підвищувалася залежно від обробки насіння. На контролі вона склала 2,42 т/га, при обробці Максим XL – 2,61 т/га (+0,19 т/га, або 7,8%), а при комбінованій обробці Максим XL + Триходермін – 2,78 т/га (+0,36 т/га, або 14,9%). Біологізована обробка лише біопрепаратами показала позитивний ефект, але менш виражений порівняно з комбінацією хімічного та біологічного засобу (+0,13–0,18 т/га, або 5,5–7,5%).

Таким чином, комбіноване протруєння Максим XL з Триходерміном є найбільш ефективним як з біологічної, так і з господарської точки зору. Воно забезпечує високу польову схожість, оптимальну густоту посівів, зменшує ураження кореневою гниллю і дає максимальний приріст урожайності, водночас зберігаючи екологічну безпеку агроценозу (табл. 1).

З огляду на те, що сучасна передпосівна обробка насіння гороху системним фунгіцидом у поєднанні з біологічним препаратом на основі *Trichoderma spp.* забезпечує найвищу польову схожість, зменшує ураження фузаріозною кореневою гниллю і достовірно підвищує урожайність культури. Використання лише біологічних препаратів є ефективним, але поступається комбінованому способу за показниками продуктивності нами було вивчено вплив передпосівної обробки насіння на структуру урожаю гороху (табл. 2).

Урожайність гороху зернового напряму використання, залежить від багатьох чинників: генетичного

потенціалу сорту, рівня удобрення, погодних умов, стійкості до шкідників і хвороб, густоти посіву, кількості бобів на рослині, насіння в бобах та його маси.

Дані про вплив передпосівної обробки насіння на формування елементів структури урожайності гороху показали, що застосування сучасних фунгіцидних та біологічних препаратів підвищувало всі показники структури урожаю. Найнижчі значення, спостерігались на контрольному варіанті, де насіння не обробляли.

На варіантах із комбінованою обробкою (Максим XL + Триходермін) середня кількість бобів на рослині досягла 4,2 шт., кількість насінин у бобі – 3,8 шт., маса насіння в бобі – 3,05 г, а маса 1000 насінин – 215 г. Ці показники, свідчать про кращу продуктивність та потенційний приріст урожаю порівняно з контролем та варіантом із лише хімічним протруєнням.

Таким чином, застосування сучасних передпосівних обробок насіння підвищує генеративну продуктивність рослин, покращує структуру урожаю та сприяє стабільному формуванню високої врожайності.

В цілому доцільність проведення агрозаходу оцінюють за показниками господарської та економічної ефективності: приріст урожаю, собівартість продукції, чистий прибуток та рівень рентабельності.

У наших дослідках економічну ефективність визначали за такими показниками, як урожайність, вартість основної продукції, витрати на виробництво, прибуток, собівартість продукції та рентабельність. Дані представлені у таблиці 3.

Аналіз показав, що використання сучасного системного протруйника Максим XL сприяло підвищенню урожайності на 0,19 т/га у порівнянні з контролем (необроблене насіння). Комбінована обробка Максим XL + Триходермін забезпечила найбільший приріст урожаю – 0,36 т/га, тоді як біологічне протруєння Триходермін + Фітоспорин-М підвищило урожайність на 0,28 т/га порівняно з контролем.

Вартість продукції зростала пропорційно до збільшення урожайності: максимальна була у варіанті з Максим XL + Триходермін (39 476 грн/га), а мінімальна – у контролі (34 364 грн/га). Аналогічна тенденція спостерігалася і щодо прибутку: найвищий прибуток отримано у комбінованому варіанті (8 991 грн/га), а найнижчий – у контролі (5 804 грн/га).

Собівартість продукції на тону також зменшувалася при використанні препаратів, що свідчить про економічну доцільність обробки насіння. Найнижча собівартість зафіксована у варіанті Максим XL + Триходермін (10 960 грн/т), що на 850 грн/т менше, ніж у контролі (11 810 грн/т).

Рентабельність виробництва зерна гороху підзимного строку сівби прямо корелювала з ефективністю застосованого агрозаходу. Так, у контрольному варіанті (насіння необроблене) рівень рентабельності становив 20,3%, при використанні хімічного протруйника Максим XL – 24,1%, у комбінованому варіанті Максим XL + Триходермін – 29,5%, а за застосування лише біологічних препаратів (Триходермін + Фітоспорин-М) – 29,4%. Ці дані свідчать, що інтегроване застосування хімічного та біологічного протруєння

Таблиця 1

Вплив протруювання насіння на розвиток рослин, ураження їх фузаріозною кореневою гниллю та ураженість гороху в ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області (середнє за 2024–2025 р.)

Варіанти	Польова схожість насіння, %	Густота сходів		Кількість бульбочок на корінцях рослини, штук	Ураження рослин кореневою гниллю, %		Біологічна ефективність, %		Урожайність, т/га	Приріст урожайності	
		шт./погонний метр	млн./га		фаза 2–3 пар листків	фаза цвітіння	фаза 3-х пар листків	фаза цвітіння		± т/га	%
Контроль – насіння без обробки	80,9	19,6	1,31	20,5	8,5	18,6	0	0	2,42	0	0
Хімічне протруювання – д.р. флудіоксоніл + металаксил-М (Максим XL) – 1,0 л/т	85,9	20,9	1,39	21,1	1,8	15,1	82,1	18,2	2,61	+0,19	7,8
Комбінована обробка – д.р. флудіоксоніл + металаксил-М (1,0 л/т) з <i>Trichoderma spp.</i> (Триходермін) (2,5 л/т)	89,8	21,8	1,45	21,2	0,9	13,6	89,3	26,9	2,78	+0,36	14,9
Біологізована обробка – <i>Trichoderma spp.</i> (Триходермін) (2,5 л/т) та <i>Bacillus subtilis</i> (Фітоспорин-М) (2,5 л/т)	85,1	20,7	1,37	20,8	2,7	17,5	85,7	21,7	2,57	+0,15	6,2
									НІР ₀₅ = 0,13		

Таблиця 2

Вплив протруювання насіння на формування елементів структури урожайності гороху, ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області, середнє 2024–2025 рр.

Варіанти	Висота рослин, см	Кількість, шт.			Маса 1000 насінин, г
		бобів на рослині	насінин в бобі	насінин з рослини	
Контроль – насіння без обробки.	99	3,8	3,5	2,73	206
Хімічне протруювання – д.р. флудіоксоніл + металаксил-М (Максим XL) – 1,0 л/т	102	4,1	3,6	2,90	210
Комбінована обробка д.р. флудіоксоніл + металаксил-М (1,0 л/т) з <i>Trichoderma spp.</i> (Триходермін) (2,5 л/т).	101	4,2	3,8	3,05	215
Біологізована обробка – <i>Trichoderma spp.</i> (Триходермін) (2,5 л/т) та <i>Bacillus subtilis</i> (Фітоспорин-М) (2,5 л/т)..	101	4,0	3,7	2,95	212

Таблиця 3

Економічна ефективність протруювання насіння гороху підзимнього строку сівби (сорт Мороз) в умовах ТОВ «СИЛІКАТ-1» Черкаської області, середнє 2024–2025 рр.

Варіант	Урожайність, т/га	Вартість основної продукції, грн./га	Витрати на виробництво продукції, грн./га	Прибуток, грн./га	Собівартість, грн./т	Рентабельність, %
Контроль – насіння без обробки.	2,42	34 364	28 560	5 804	11 810	20,3
Хімічне протруювання – д.р. флудіоксоніл + металаксил-М (Максим XL) – 1,0 л/т	2,61	37 062	29 860	7 202	11 440	24,1
Комбінована обробка – д.р. флудіоксоніл + металаксил-М (1,0 л/т) з <i>Trichoderma spp.</i> (Триходермін) (2,5 л/т).	2,78	39 476	30 485	8 991	10 960	29,5
Біологізована обробка – <i>Trichoderma spp.</i> (Триходермін) (2,5 л/т) та <i>Bacillus subtilis</i> (Фітоспорин-М) (2,5 л/т)	2,70	38 340	29 635	8 705	10 975	29,4

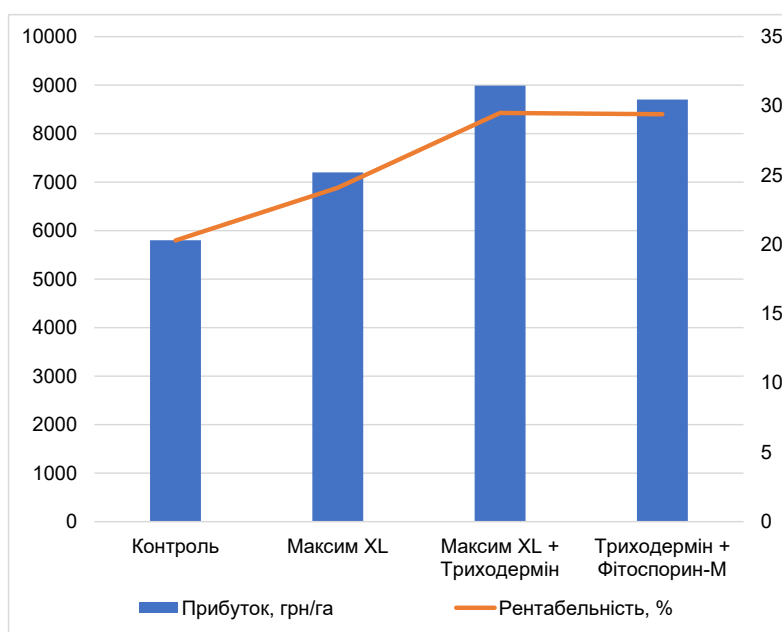


Рис. 1. Порівняння прибутку та рентабельності обробки насіння гороху підзимнього строку сівби (сорт Мороз) в умовах ТОВ «СИЛІКАТ-1» Черкаської області, середнє 2024–2025 рр.

забезпечує максимальну економічну ефективність вирощування культури (рис. 1).

Графічний аналіз отриманих даних підтверджує, що застосування різних способів передпосівної обробки насіння впливало як на рівень прибутку, так і на рентабельність виробництва. У контрольному варіанті, де насіння не оброблялося, прибуток становив 5804 грн/га, а рентабельність – 20,3%. Використання хімічного протруйника Максим XL підвищувало прибуток до 7202 грн/га і рентабельність до 24,1%, що свідчить про економічну доцільність його застосування.

Поєднання Максим XL із біологічним препаратом Триходермін забезпечило максимальний економічний ефект: прибуток зріс до 8991 грн/га, а рентабельність до 29,5%. Це демонструє синергетичну дію комбінованої обробки на продуктивність та ефективність виробництва. Використання лише біологічних препаратів Триходермін і Фітоспорин-М дало прибуток 8705 грн/га при рентабельності 29,4%, що практично не відрізняється від комбінованого варіанту, підтверджуючи високий потенціал біологічних засобів для зменшення витрат і підвищення стійкості посівів.

Таким чином, порівняння прибутку та рентабельності свідчить про те, що інтегроване застосування хімічного та біологічного протруйників є найбільш ефективним способом підвищення економічної ефективності виробництва гороху, тоді як використання виключно біологічних препаратів також забезпечує високий рівень рентабельності і може бути пріоритетним у системах органічного землеробства.

Отже, сучасні методи передпосівної обробки насіння гороху, що включають системний фунгіцид та біологічні препарати на основі *Trichoderma spp.* і *Bacillus subtilis*, є ефективними як з точки зору формування структури врожаю, так і з економічної перспективи, забезпечуючи підвищення продуктивності та прибутковості виробництва.

Висновки. Встановлено, що передпосівна обробка насіння гороху фунгіцидним протруйником Максим XL та комбіноване застосування з біологічним препаратом Триходермін, суттєво підвищує польову схожість насіння, густоту сходів та здоров'я рослин у ранніх фазах росту. Використання фунгіцидного та біологічного обробітку, зменшує ураження рослин фузаріозною кореневою гниллю. Максимальний ефект спостерігався у комбінованому варіанті, де ураження знизилося майже в 10 разів порівняно з контролем.

Інтегроване застосування хімічного та біологічного протруйників є найбільш ефективним способом підвищення продуктивності, економічної ефективності та стійкості посівів озимого гороху у Лісостеповій зоні України. Обробка насіння сприяла підвищенню кількості бобів на рослині, кількості насіння в бобі та його маси. Найвищі показники були отримані при комбінованому використанні Максим XL і Триходерміну, що призвело до збільшення маси 1000 насінин та загальної урожайності.

Комбіноване протруювання забезпечує найбільший прибуток і рентабельність (прибуток – 8991 грн/га, рентабельність – 29,5%). Використання лише біологічних препаратів (Триходермін + Фітоспорин-М) також демонструє високий економічний ефект (прибуток – 8705 грн/га, рентабельність – 29,4%), підтверджуючи їх доцільність у системах органічного та інтегрованого землеробства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2015. 808 с.
2. Кирик М. М., Гончаренко Н. А., Каленська С. М. Захист зернобобових культур від хвороб і шкідників. Київ : ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2018. 256 с.
3. Каленська С. М. Технології вирощування зернобобових культур в Україні. Київ : Аграрна наука, 2016. 312 с.
4. Гончаренко Н. А. Фузаріозні кореневі гнилі гороху та заходи обмеження їх розвитку в Лісостепу України. *Захист і карантин рослин*. 2010. Вип. 56. С. 89–96.
5. Панасюк О. В. Вплив попередників на фітосанітарний стан посівів гороху. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 7. С. 32–38.

6. Дядечко М. П., Круть М. В., Чайка В. М. Інтегрований захист польових культур. Київ : Аграрна наука, 2014. 432 с.
7. Інститут захисту рослин НААН. Фітосанітарний стан агроценозів України : науково-аналітичний огляд. Київ, 2020. 68 с.
8. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ, 2022. 1040 с.
9. Harman G. E., Doni F., Khadka R. B., Uphoff N. Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants' photosynthetic capacity. *Journal of Plant Physiology*. 2021. Vol. 256. P. 153–159.
10. Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W. J. Mode of action of microbial biological control agents. *BioControl*. 2019. Vol. 64. P. 1–17.

REFERENCES:

1. Lykhochvor, V. V. (2015). *Roslynnytstvo. Tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur [Crop production. Crop growing technologies]*. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnologii», 808 [in Ukrainian].
2. Kyryk, M. M., Honcharenko, N. A., & Kalenska, S. M. (2018). *Zakhyst zernobobovykh kultur vid khvorob i shkidnykiv [Protection of legume crops from diseases and pests]*. Kyiv : NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN», 256 [in Ukrainian].
3. Kalenska, S. M. (2016). *Tekhnologii vyroshchuvannya zernobobovykh kultur v Ukraini [Technologies of growing leguminous crops in Ukraine]*. Kyiv : Aharna nauka, 312 [in Ukrainian]. Kyiv : Agrarian Science, 312 [in Ukrainian].
4. Honcharenko, N. A. (2010). Fuzariozni korenevi hnyli horokhu ta zakhody obmezhenia yikh rozvytku v Lisostepu Ukrainy [Fusarium root rots of peas and methods of their control in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Plant Protection and Quarantine*, 56, 89–96 [in Ukrainian].
5. Panasiuk, O. V. (2019). Vplyv poperednykiv na fitosanitarnyi stan posiviv horokhu [Influence of crop predecessors on phytosanitary condition of pea crops]. *Bulletin of Agricultural Science*, 7, 32–38 [in Ukrainian].
6. Diadechko, M. P., Krut, M. V., & Chaika, V. M. (2014). *Intehrovanyi zakhyst polovykh kultur [Integrated crop protection]*. Kyiv : Aharna Nauka, 432 [in Ukrainian].
7. Instytut zakhystu roslyn NAAN [Institute of Plant Protection of the NAAS]. (2020). *Phytosanitary condition of agroecosystems of Ukraine [Fitosanitarnyi stan ahrotsenoziv Ukrainy]*. Kyiv, 68 [in Ukrainian].
8. Ministerstvo ahramoi polityky ta prodovolstva Ukrainy [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. (2022). *List of pesticides and agrochemicals permitted for use in Ukraine [Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini]*. Kyiv, 1040 [in Ukrainian].
9. Harman, G. E., Doni, F., Khadka, R. B., & Uphoff, N. (2021). Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants' photosynthetic capacity. *Journal of Plant Physiology*, 256, 153–159. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153159>.
10. Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W. J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents. *BioControl*, 64, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10526-018-9873-9>.

Кривенко А.І., Усов Р.М. Хвороби кореневої системи гороху підзимнього строку сівби та оптимізація заходів захисту у зоні Лісостепу України

Метою статті є наукове обґрунтування ефективності сучасних методів передпосівної обробки насіння гороху з використанням системних фунгіцидних протруйників і біологічних препаратів на основі *Trichoderma* spp. та *Bacillus subtilis* у зниженні розвитку хвороб кореневої системи, покращенні фітосанітарного стану посівів і підвищенні врожайності культури в умовах Лісостепу України з урахуванням вимог інтегрованого захисту рослин та екологічної безпеки агроценозів. **Методи.** Було закладено польовий дрібноділяночний дослід в умовах польової сівозміни ТОВ «СИЛКАТ-1» Черкаської області. Повторюваність дослідів – чотириразова, розміщення варіантів – суцільне. Загальна площа ділянки становила 200 м², облікова – 100 м². **Результати дослідження.** Інтегроване застосування хімічного та біологічного протруйників є найбільш ефективним способом підвищення продуктивності, економічної ефективності та стійкості посівів озимого гороху у Лісостеповій зоні України. Обробка насіння сприяла підвищенню кількості бобів на рослині, кількості насіння в бобі та його маси. Найвищі показники були отримані при комбінованому використанні Максим XL і Триходерміну, що призвело до збільшення маси 1000 насінин та загальної урожайності. На варіантах із комбінованою обробкою (Максим XL + Триходермін) середня кількість бобів на рослині досягла 4,2 шт., кількість насінин у бобі – 3,8 шт., маса насіння в бобі – 3,05 г, а маса 1000 насінин – 215 г. Встановлено, що кількість бульбочок на корінцях у фазі 3-х пар листків залишалась стабільною на всіх варіантах (20,5–21,2 шт.), що свідчить про відсутність пригнічувального впливу протруйника на азотофіксуючі бактерії. Обробка насіння Максим XL ефективно зменшувала ураження рослин фузаріозною кореневою гниллю: на фазі 2–3 пар листків ураження на контролі становило 8,4%, на варіанті з Максим XL – 1,5%, а при комбінованій обробці – 0,9%. У фазі цвітіння біологічна ефективність протруйника зменшувалась до 26,1%, а комбінованої обробки – до 27,8%, що демонструє високий захисний ефект на ранніх етапах росту та розвитку рослин. Урожайність гороху також підвищувалася залежно від обробки насіння. На контролі вона склала 2,42 т/га, при обробці Максим XL – 2,61 т/га (+0,19 т/га, або 7,8%), а при комбінованій обробці Максим XL + Триходермін – 2,78 т/га (+0,36 т/га, або 14,9%). Біологізована обробка лише біопрепаратами показала позитивний ефект, але менш виражений порівняно з комбінацією хімічного та біологічного засобу (+0,13–0,18 т/га, або 5,5–7,5%). Ці показники, свідчать про кращу продуктивність та потенційний приріст урожаю порівняно з контролем та варіантом із лише хімічними протруйниками. **Висновки:** встановлено, що передпосівна обробка насіння гороху фунгіцидним протруйником Максим XL та комбіноване застосування з біологічним препаратом Триходермін, суттєво підвищує польову схожість насіння, густоту сходів та здоров'я рослин у ранніх фазах росту. Використання фунгіцидного та біологічного обробітку, зменшує ураження рослин фузаріозною кореневою гниллю. Максимальний ефект спостерігався у комбінованому варіанті, де ураження знизилося майже в 10 разів порівняно з контролем. Інтегроване застосування хімічного та біологічного протруйників є найбільш ефективним способом підвищення продуктивності, економічної ефективності та стійкості посівів озимого гороху у Лісостеповій зоні

України. Обробка насіння сприяла підвищенню кількості бобів на рослині, кількості насіння в бобі та його маси. Найвищі показники були отримані при комбінованому використанні Максим XL і Триходерміну, що призвело до збільшення маси 1000 насінин та загальної урожайності. Комбіноване протруювання забезпечує найбільший прибуток і рентабельність (прибуток – 8991 грн/га, рентабельність – 29,5%). Використання лише біологічних препаратів (Триходермін + Фітоспорин-М) також демонструє високий економічний ефект (прибуток – 8705 грн/га, рентабельність – 29,4%), підтверджуючи їх доцільність у системах органічного та інтегрованого землеробства.

Ключові слова: горох (*Pisum sativum* L.), урожайність, протруйник, маса 1000 насінин, кількість бобів на рослині, польова схожість насіння, собівартість продукції, рентабельність.

Kryvenko A.I., Usov R.M. Root system diseases of winter-sown peas and optimization of protection measures in the Forest-Steppe zone of Ukraine

The aim of the article is to scientifically substantiate the effectiveness of modern methods of pre-sowing treatment of pea seeds using systemic fungicidal agents and biological preparations based on *Trichoderma* spp. and *Bacillus subtilis* in reducing the development of root system diseases, improving the phytosanitary condition of crops and increasing crop yields in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine, taking into account the requirements of integrated plant protection and ecological safety of agroecosystems. **Methods.** A field small-plot experiment was established in the field crop rotation conditions of LLC "SILKAT-1" of Cherkasy region. The repeatability of the experiment was fourfold, the placement of variants was continuous. The total area of the plot was 200 m², the accounting area was 100 m². **Research results.** Integrated use of chemical and biological pesticides is the most effective way to increase productivity, economic efficiency and sustainability of winter pea crops in the Forest-Steppe zone of Ukraine. Seed treatment contributed to an increase in the number of beans per plant, the number of seeds in the bean and its weight. The highest indicators were obtained with the combined use of Maxim XL and Trichodermin, which led to an increase in the weight of 1000 seeds and total yield. In the variants with combined treatment (Maxim XL + Trichodermin), the average number of beans per plant reached 4.2 pcs., the number of seeds per bean – 3.8 pcs., the mass of seeds per bean – 3.05 g, and the mass of 1000 seeds – 215 g. It was found that the number of nodules on the roots in the phase of 3 pairs of leaves remained stable in all variants (20.5–21.2 pcs.), which indicates the absence of an inhibitory effect of the fungicide on nitrogen-fixing bacteria. Seed treatment with Maxim XL effectively reduced plant damage by fusarium root rot: in the phase of 2–3 pairs of leaves, the damage in the control was 8.4%, in the variant with Maxim XL – 1.5%, and in the combined treatment – 0.9%. In the flowering phase, the biological efficiency of the insecticide decreased to 26.1%, and in the combined treatment – to 27.8%, which demonstrates a high protective effect in the early stages of plant growth and development. Pea yield also increased depending on seed treatment. In the control, it was 2.42 t/ha, in the Maxim XL treatment – 2.61 t/ha (+0.19 t/ha, or 7.8%), and in the combined treatment of Maxim XL + Trichodermin – 2.78 t/ha (+0.36 t/ha, or 14.9%). Biologized treatment with only biological preparations

showed a positive effect, but less pronounced compared to the combination of chemical and biological agents (+0.13–0.18 t/ha, or 5.5–7.5%). These indicators indicate better productivity and potential yield increase compared to the control and the option with only chemical treatment.

Conclusions. It was found that pre-sowing treatment of pea seeds with the fungicidal drug Maxim XL and combined use with the biological drug Trichodermin significantly increases field germination of seeds, seedling density and plant health in the early growth phases. The use of fungicidal and biological treatment reduces plant damage by Fusarium root rot. The maximum effect was observed in the combined version, where the damage decreased almost 10 times compared to the control. Integrated use of chemical and biological treatments is the most effective way to increase productivity, economic efficiency and

stability of winter pea crops in the Forest-Steppe zone of Ukraine. Seed treatment contributed to an increase in the number of beans per plant, the number of seeds in a bean and its weight. The highest indicators were obtained with the combined use of Maxim XL and Trichodermin, which led to an increase in the weight of 1000 seeds and total yield. Combined treatment provides the highest profit and profitability (profit – 8991 UAH/ha, profitability – 29.5%). The use of only biological preparations (Trichodermin + Fitosporin-M) also demonstrates a high economic effect (profit – 8705 UAH/ha, profitability – 29.4%), confirming their feasibility in organic and integrated farming systems.

Key words: peas (*Pisum sativum* L.), yield, pesticide, 1000-seed weight, number of beans per plant, field seed germination, cost of production, profitability.

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 631.547.3:551.5:633.11"321"(292.485:477.4)
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.19>

ФОРМУВАННЯ КІЛЬКОСТІ КОЛОСКІВ У КОЛОСІ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ЛОЗІНСЬКИЙ Б.М. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0009-0003-2068-0525

Білоцерківський національний аграрний університет

ГРАБОВСЬКИЙ М.Б. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-8494-7896

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Глобальні кліматичні зміни, що впродовж останніх десятиліть характеризуються стійким зростанням середньорічних температур повітря, перерозподілом опадів і збільшенням частоти екстремальних гідротермічних явищ, створюють суттєві виклики для сталого розвитку вітчизняного зернови-робництва [1, 2]. Особливо гостро ці тенденції прояв-ляються в умовах Правобережного Лісостепу України – регіону, що традиційно вважався зоною гарантованого виробництва високоякісного зерна, але нині дедалі частіше потерпає від тривалих весняно-літніх посух та суховіїв [1, 3]. У цьому контексті оптимізація структури посівних площ шляхом розширення посівів пшениці ярої (*Triticum aestivum* L.) є важливим стратегічним резервом для диверсифікації ризиків і стабілізації валових зборів продовольчого зерна [4, 5].

Біологічною особливістю пшениці ярої є висока чут-ливість до дефіциту вологи та підвищених температур на початкових етапах онтогенезу. Саме в цей період від-бувається формування генеративних органів, зокрема диференціація конуса наростання та закладання колоскових горбочків (III–IV етапи органогенезу), черго-вість утворення яких збігається з формуванням члеників колосового стрижня. Своєю чергою, кількість і повноцін-ний розвиток колоскових горбочків зумовлюють кількість колосків у колосі та потенційну врожайність сорту [6, 7].

Короткий вегетаційний період пшениці ярої поси-лює її чутливість до ґрунтової посухи [8], а гідротерміч-ний стрес у період диференціації конуса наростання та закладання колоскових горбочків спричиняє їхню передчасну редукцію. Унаслідок цього суттєво знижу-ється важливий показник індивідуальної продуктивності рослини – кількість колосків у колосі [9]. Оскільки цей параметр безпосередньо лімітує потенційну озерненість і масу зерна головного колоса, вивчення механізмів його збереження та регулювання є критично важливим для агрономічної науки [10, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективним інструментом нівелювання деструктив-ного впливу кліматичних флуктуацій є адаптація техно-логічних комплексів вирощування [12, 13]. Своєчасне коригування таких керованих чинників, як строки сівби, норми висіву насіння, рівні мінерального живлення та застосування ендегенних регуляторів росту, дає змогу

оптимізувати темпи проходження фаз вегетації куль-тури [14, 15], збалансувати густоту продуктивного стеблостою та мінімізувати редукцію колосків [6, 11]. Зважаючи на появу нових сортів інтенсивного типу, яким притаманні специфічні норми реакції на екологічні фактори, виникає гостра наукова й практична потреба в комплексному дослідженні взаємодії елементів тех-нології для максимальної реалізації біологічного потен-ціалу колоса пшениці ярої у мінливих агрокліматичних умовах Правобережного Лісостепу. Дослідники зазнача-ють, що кліматичні зміни (зокрема, температурний стрес у травні) лімітують озерненість колоса, тоді як добір опти-мального агрофону сприяє адаптації рослин [16, 17].

Досліджуючи проходження IV і V етапів органогенезу пшениці В. В. Лихочвор розкрив механізми «редукції колоскових горбочків» внаслідок підвищених темпе-ратур повітря і недостатньої кількості доступного азоту [6]. Зарубіжні автори детально дослідили етапи диферен-ціації конуса наростання, які визначають кінцеву кількість колосків у колосі [18]. Окремо висвітлено чутливість цих процесів до температурних та фотоперіодичних стресів [19]. Цікавими є наукові публікації, присвячені генетичній мінливості кількості колоскових горбочків на стрижні колоса. Автори доводять, що цей показник має більшу детермінацію, порівняно з іншими елементами структури врожаю, але значно корегується факторами зовнішнього середовища [20].

Вчені Y. Chen, W. Zhang та L. Wang [21] дослідили понад 600 сортотразків пшениці у різних екологічних нішах, фокусуючи увагу на тому, як кліматичні зміни впливають на експресію генів, які відповідають за фор-мування колосків та абортівніть квіток у нижній та верхівковій частинах колоса. Класичне дослідження від світових лідерів селекції зернових описує вплив кон-кретних генів (наприклад, локусу *WAP01* на хромосомі 7A) на подовження періоду диференціації колоса у пше-ниці ярої. Дослідженнями обґрунтовано, чому за певних технологічних умов можливо продовжити час закла-дання колоскових горбочків [22].

Формуванню продуктивності пшениці ярої присвя-чено численні праці провідних вітчизняних і зарубіжних учених [23, 24]. Доведено, що архітектоніка колоса та кількість колоскових сегментів мають високу пластич-ність і суттєво варіюють під впливом агротехнічних



прийомів. Разом з тим, більшість наявних робіт висвітлюють дію окремих факторів (переважно систем удобрення чи норм висіву) ізольовано, без урахування їх синергічного ефекту на тлі наростання аридності клімату. Наприклад, у роботах науковців Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України [25, 26] показано чітку сортову специфіку формування кількості колосків (від 15,4 до 18,7 шт.) під впливом позакоренових підживлень.

Дослідження та впровадження у виробництво ефективних технологій удобрення, зокрема позакоренового підживлення та інтегрованих систем живлення рослин, сприяють підвищенню використання елементів живлення добрив, поліпшенню фізіологічного стану рослин і їх стійкості до хвороб, забезпечуючи стабільне зростання врожайності зерна. Позакоренове підживлення є одним із сучасних і широко використовуваним у світовій практиці способів підвищення продуктивності зернових культур. Такий метод забезпечення рослин макро і мікроелементами є економічно й екологічно доцільним. Крім того, позакоренове підживлення розглядають як ефективний інструмент управління мінеральним живленням сільськогосподарських культур та важливу складову сучасних агротехнологій [27].

Мікроелементи застосовують шляхом нанесення їх на насіння та проведення позакоренових підживлень упродовж вегетації мікродобривами, які містять комплекс елементів живлення у хелатній формі. Хелати мікроелементів, проникають через листову поверхню і легко засвоюються рослинами, внаслідок чого активізуються ростові процеси і збільшується закладання елементів продуктивності [28, 29]. Проведення позакоренових підживлень на фоні основного внесення мінеральних добрив забезпечує підвищення врожайності ярих зернових культур на 1,5–2,5 т/га. Водночас збалансоване збалансоване забезпечення рослин макро- та мікроелементами сприяє реалізації генетичного потенціалу сорту та формуванню високопродуктивних агрофітоценозів [30].

За даними досліджень, у системі удобрення колосових зернових заміщення азотних добрив нанохелатними мікродобривами (НХМ) можливе на 25–30%, а фосфорних і калійних – до 40% від рекомендованої норми мінеральних добрив. За таких умов врожайність пшениці ярої становила 3,97 т/га ($N_{40} + НХМ$), 3,52 т/га ($P_{40} + НХМ$) і 3,24 т/га ($K_{40} + НХМ$) [35].

В умовах Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла встановлено, що припосівне внесення $N_{16}P_{16}K_{16}$ і $N_{32}P_{32}K_{32}$, а також позакоренове підживлення у фазах виходу в трубку та колосіння пшениці твердої ярої карбамідом ($N_{3,7}$) і комплексним добривом Авангард Р – Зернові (2 л/га) сприяє суттєвому зростанню врожайності зерна і покращує посівні якості насіння [31].

Позакоренове підживлення, яке використовується як доповнення до основного удобрення рослин, гарантує більш ефективне вирішення проблеми дефіциту поживних речовин [32, 33]. У випадках, коли поглинання поживних речовин із ґрунту гальмується з різних причин, цей спосіб удобрення може бути альтернативним та високоєфективним рішенням компенсації дефіциту

поживних речовин для рослини. Позакоренове підживлення забезпечує оптимальні умови для росту та розвитку рослин, формування імунітету та стійкості рослин до біотичних й абіотичних чинників, що визначає його важливу роль у сучасних інтегрованих технологіях вирощування сільськогосподарських культур, зокрема пшениці ярої [34].

Питання взаємозв'язку між гідротермічними показниками конкретного вегетаційного періоду та динамікою диференціації колоса за різних рівнів інтенсифікації технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу залишаються дискусійними та недостатньо висвітленими, що й визначає актуальність проведення досліджень.

Метою досліджень було визначення особливостей формування кількості колосків у колосі пшениці ярої залежно від позакоренового підживлення та застосування фунгіцидів для максимальної реалізації продуктивного потенціалу культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проводили у 2024 і 2025 рр. в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету, яке розташоване в Правобережному Лісостепу України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибокий малогумусний крупнопилувато-легкосуглинковий на лесі, який перед закладанням дослідів мав наступні агрохімічні показники орного (0–20 см) шару: вміст загального гумусу за методом Тюріна [34] – 3,15%; обмінна кислотність потенціометричним методом [35] – 6,20; гідролітична кислотність за методом Каппена [36] – 2,27 мг-екв / 100 г ґрунту; вміст лужногідролізованого нітрогену за методом Корнфілда [37] – 98 мг/кг ґрунту; вміст рухомого фосфору – 106 мг/кг ґрунту та обмінного калію – 88 мг/кг ґрунту за методом Чирікова [38]. У цілому, ґрунти нейтральні за реакцією ґрунтового розчину, низькозабезпечені доступними для рослин формами нітрогену, підвищенозабезпечені рухомих фосфором та середньозабезпечені обмінним калієм.

Дослідження виконували відповідно двофакторної схеми: фактор А – сорти пшениці м'якої ярої Оксамит миронівський і Дубравка, фактор В – позакоренове застосування фунгіцидів і добрив. 1. Без застосування (контроль) – обприскування водою у фазі кушення (BBCH 21–23); 2. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + сечовина (карбамід, $CO(NH_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію ($MgSO_4$) (1 кг/га) у фазі кушення (BBCH 21–23); 3. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + сечовина (карбамід, $CO(NH_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію ($MgSO_4$) (1 кг/га) у фазі кушення (BBCH 21–23); 4. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кушення (BBCH 21–23); 5. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кушення (BBCH 21–23); 6. Без застосування (контроль) – обприскування водою у фазі кушення (BBCH 21–23) і повторне у фазі формування і розвитку колоса (BBCH 41–45); 7. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + сечовина (карбамід, $CO(NH_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію ($MgSO_4$) (1 кг/га) у фазі кушення (BBCH 21–23) та

фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45); 8. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23) та фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45); 9. Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23) та фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45); 10. Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га) + сечовина (карбамід, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (7 кг/га) + сульфат магнію (MgSO_4) (1 кг/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кущення (ВВСН 21–23) та фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45).

У всіх варіантах досліді, включно з контролем, під час передпосівної культивування вносили мінеральні добрива: аміачну селітру (NH_4NO_3) у дозі N_{35} та нітроаммофоску марки NPK 17:17:17 у нормі 1 ц/га. Насіння пшениці протруювали препаратом Селест Макс 165 FS. ТН – норма витрати 2 л/т зерна. Попередник – кукурудза на зерно. Варіанти розміщували рендомізовано, систематично послідовно у трикратній повторності. Площа ділянки становила 30 м², облікова – 24 м². Дослідження проводили відповідно до чинних методичних рекомендацій [39]. Визначення кількості колосків проводили за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності [40].

Агротехнічні прийоми вирощування пшениці м'якої ярої відповідали загальноприйнятим для умов Лісостепу України, за винятком факторів, що були предметом дослідження. Сівбу проводили сівалкою «Клен» – 1,5 з нормою висіву 5 млн схожих зерен на 1 га у строки: 26 березня 2024 р. і 19 березня – 2025 р. Позакореневе внесення фунгіцидів Амістар Екстра 280 SC (0,6 л/га), Елатус Ріа 358 SC (0,5 л/га), карбаміду ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) – 7 кг/га, сульфату магнію (MgSO_4) – 1 кг/га і Нутриванту Плюс Зернового – 2 кг/га проводили у фазу кущення (ВВСН 21–23) – варіанти досліді 2–5. На варіантах 7–10 перше позакореневе підживлення проводили у фазі кущення (ВВСН 21–23), повторне у фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45).

Результати досліджень. Важливим чинником, що визначає стартові запаси продуктивної вологи в ґрунті перед сівбою пшениці ярої, є гідротермічний режим зимового періоду. За період грудень 2023 р. – лютий 2024 р. фактична сума опадів становила 125 мм, тоді як за аналогічний період 2024–2025 рр. випало лише 73 мм (за середньобаторічної норми 112 мм). Таким чином, кількість опадів у зимові місяці під урожай 2024 р. перевищила як багаторічну норму на 13 мм, так і показник під урожай 2025 р. на 52 мм, що сприяло кращому накопиченню вологи в ґрунті (табл. 1).

У березні (50 мм) та квітні (78 мм) 2024 р. сумарна кількість опадів перевищила як середню багаторічну норму (77 мм), так і показник 2025 р. (53 мм) на 51 і 75 мм відповідно, що забезпечило достатній рівень вологозабезпечення та позитивно вплинуло на ростові процеси пшениці м'якої ярої. Водночас за аналогічний період 2025 р. сума опадів виявилася меншою за багаторічну норму на 24 мм.

Середня температура повітря у третій декаді березня 2024 р. (8,3 °C) та 2025 р. (7,8 °C) перевищила середньобаторічний показник (3,1 °C) на 5,2 і 4,7 °C відповідно. Натомість перша декада квітня 2025 р. за температурним режимом (4,8 °C) виявилася прохолоднішою на 2,2 °C порівняно з багаторічною нормою (7,0 °C). Загалом у квітні за середньобаторічної норми 8,4 °C фактичний температурний режим становив 12,4 °C у 2024 р. і 10,2 °C у 2025 р., перевищивши її на 4,0 і 1,8 °C відповідно.

У травні 2024 р. показник температури повітря (15,8 °C) перевищував норму на 0,9 °C (14,9 °C), тоді як у 2025 р. (13,1 °C) виявився нижчим на 1,8 °C. Кількість опадів у травні 2024 р. (12,6 мм) була критично меншою за багаторічну (46 мм), а у 2025 р. (84 мм) перевищувала її на 38 мм.

Аналіз метеорологічних умов 2024–2025 рр. засвідчив їхню високу контрастність, що впливало на процеси закладання та диференціації конуса наростання пшениці ярої. У розрізі років більш сприятливі умови

Таблиця 1

Метеорологічні умови за вегетаційний період пшениці м'якої ярої у 2024 і 2025 рр.

Місяць	Декада	Опади, мм			Температура повітря, °C		
		2024 р.	2025 р.	середні багаторічні	2024 р.	2025 р.	середні багаторічні
Грудень		46*	55**	44	0,5*	0,0**	0,4
Січень		40	15	35	-2,2	2,0	-5,9
Лютий		39	3	33	3,3	-3,8	-4,4
Березень	I	0,0	0,0	9	2,4	6,3	-2,0
	II	43,8	18	9	2,2	6,2	-0,3
	III	6,2	7	12	8,3	7,8	3,1
Квітень	I	5,3	23	14	14,1	4,8	7,0
	II	39,8	5	17	11,6	11,4	7,8
	III	32,9	0,0	16	11,5	14,4	10,4
Травень	I	0,8	17	16	14,8	11,6	13,5
	II	0,0	23	12	12,9	10,6	15,3
	III	11,8	44	18	19,4	16,7	15,8

Примітка. * – грудень 2023 р., ** – грудень 2024 р.

для формування кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої були в 2024 р. Це пояснюється тим, що критичний період диференціації конуса наростання та закладання колоскових горбочків у 2024 р. проходив за умов інтенсивного вологозабезпечення: сума опадів за квітень становила 78,0 мм, що значно перевищило як багаторічну норму, так і показник 2025 р. (28,0 мм). Незважаючи на подальший гідротермічний стрес у травні 2024 р., потужний стартовий розвиток забезпечив закладання більшої кількості структурних елементів колоса порівняно з 2025 р., коли посушливий квітень лімітував потенціал диференціації генеративних органів.

Оцінка отриманих результатів засвідчила суттєвий вплив систем позакореневого підживлення та фунгіцидно-го захисту на формування кількості колосків у головному колосі пшениці ярої. У середньому за два роки досліджень кількість колосків у колосі сорту Оксамит миронівський становила від 16,53 шт. на контролі (варіант 1) до 17,36 шт. за комплексного позакореневого застосування препаратів Амістар Екстра (0,6 л/га) + карбамід (7 кг/га) + сульфат магнію (1 кг/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) у фазі кушення (ВВСН 21–23) та повторно у фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45) (табл. 2).

Для сорту Дубравка на аналогічних варіантах середні значення становили від 16,36 шт. до 17,23 шт. відповідно. Обидва сорти продемонстрували схожі закономірності: найменші показники зафіксовано в контрольних варіантах, а найбільші – за комплексного застосування фунгіцидів і добрив (Амістар Екстра / Елатус Ріа + карбамід + сульфат магнію + Нутривант Плюс Зерновий) у фазах ВВСН 21–23 та ВВСН 41–45.

У контрольних варіантах показники кількості колосків у колосі були майже ідентичними (Оксамит миронівський – 16,53 і 16,54 шт.; Дубравка – 16,36 і 16,36 шт.),

що підтверджує стабільність базового рівня продуктивності без позакореневого застосування фунгіцидів і добрив.

На варіантах 2–5 за одноразового позакореневого внесення фунгіцидів і добрив у фазу кушення (ВВСН 21–23) встановлено суттєве зростання кількості колосків у колосі порівняно з контролем: на 0,54–0,66 шт. у сорту Оксамит миронівський та на 0,56–0,69 шт. у сорту Дубравка. У цьому блоці найвищий показник (Оксамит миронівський – 17,19 шт.; Дубравка – 17,05 шт.) зафіксовано на варіанті 4 за використання бакової суміші Амістар Екстра (0,6 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га).

За дворазового позакореневого застосування препаратів у фазах ВВСН 21–23 та 41–45 (варіанти 7–10) кількість колосків у колосі суттєво перевищувала показники абсолютного контролю (варіант 6). Так, у сорту Оксамит миронівський це перевищення становило 0,60–0,82 шт., а в сорту Дубравка – 0,65–0,87 шт. Найвищу ефективність забезпечив варіант 9, де застосування фунгіциду, карбаміду, сульфату магнію та добрива Нутривант Плюс Зерновий сприяло збільшенню кількості колосків у головному колосі до 17,36 шт. у сорту Оксамит миронівський і 17,23 шт. у сорту Дубравка.

Порівнюючи генотипові особливості досліджуваних сортів, встановлено, що Оксамит миронівський на всіх варіантах формує суттєво більшу кількість колосків у головному колосі порівняно із сортом Дубравка, достовірне перевищення за варіантами дослідів становило 0,13–0,18 шт. Водночас обидва сорти однаково реагували на досліджувані фактори, формуючи максимальну кількість колосків за комплексного внесення препаратів у дві фази розвитку культури ВВСН 21–23 і 41–45.

Загалом комбіноване застосування фунгіцидів і позакореневого підживлення добривами у фазі кушення

Таблиця 2

Кількість колосків (шт.) у колосі пшениці м'якої ярої

Варіанти дослідів	Оксамит миронівський			Дубравка		
	2024 р.	2025 р.	$\bar{x}$	2024 р.	2025 р.	$\bar{x}$
1. Контроль – обприскування водою – ВВСН 21–23	16,84	16,21	16,53	16,64	16,07	16,36
2. Амістар Екстра (0,6 л/га) + CO(NH ₂) ₂ (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) – ВВСН 21–23	17,33	16,83	17,08	17,25	16,64	16,95
3. Елатус Ріа (0,5 л/га) + CO(NH ₂) ₂ (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) – ВВСН 21–23	17,32	16,82	17,07	17,21	16,62	16,92
4. Амістар Екстра (0,6 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) – ВВСН 21–23	17,45	16,93	17,19	17,33	16,77	17,05
5. Елатус Ріа (0,5 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) – ВВСН 21–23	17,42	16,91	17,17	17,32	16,72	17,02
6. Контроль – обприскування водою – ВВСН 21–23 і 41–45	16,86	16,22	16,54	16,65	16,06	16,36
7. Амістар Екстра (0,6 л/га) + CO(NH ₂) ₂ (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) – ВВСН 21–23 і 41–45	17,45	16,85	17,15	17,33	16,70	17,02
8. Елатус Ріа (0,5 л/га) + CO(NH ₂) ₂ (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) – ВВСН 21–23 і 41–45	17,42	16,85	17,14	17,32	16,69	17,01
9. Амістар Екстра (0,6 л/га) + CO(NH ₂) ₂ (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) – ВВСН 21–23 і 41–45	17,67	17,05	17,36	17,51	16,94	17,23
10. Елатус Ріа (0,5 л/га) + CO(NH ₂) ₂ (7 кг/га) + MgSO ₄ (1 кг/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га) – ВВСН 21–22 і 41–45	17,63	17,02	17,33	17,48	16,91	17,20

Примітка: НІР₀₅, 2024 р. для фактору А – 0,05, В – 0,10, АВ – 0,15, 2025 р. для фактору А – 0,05, В – 0,12, АВ – 0,17.



Рис. 1. Частка впливу факторів на формування кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої, 2024 р.



Рис. 2. Частка впливу факторів на формування кількості колосків у колосі пшениці м'якої ярої, 2025 р.

(ВВСН 21–23) з повторним обробітком у фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45) виявилось найбільш ефективним агротехнічним прийомом для обох сортів. Отримані результати узгоджуються з дослідженнями [27], які підтверджують високу ефективність інтегрованого підходу до живлення та захисту рослин.

У розрізі років сприятливіші умови для формування кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої реалізувалися у 2024 р. За метеорологічних умов 2024 р. істотно більша кількість колосків сформувалася у сорту Оксамит миронівський (17,67 шт.) на варіанті 9 із дворазовим обробітком (фунгіцид Амістар Екстра + карбамід + сульфат магнію + Нутривант Плюс Зерновий), що достовірно перевищувало показники контролю (варіант 6) на 0,81 шт. та показники сорту Дубравка на 0,16 шт. У 2025 р. на цьому ж варіанті зафіксовано значно меншу кількість колосків – 17,05 шт. у сорту Оксамит миронівський та 16,94 шт. у сорту Дубравка, що суттєво менше попереднього року на 0,62 і 0,57 шт., відповідно. Варто зазначити, що як за сприятливих погодних умов 2024 р., так і за менш сприятливих у 2025 р., на всіх варіантах дослідів сорт Оксамит миронівський стабільно перевищував сорт Дубравка за кількістю колосків у колосі.

Аналіз результатів дослідження за 2024 р. свідчить про домінуючий (88,82%) вплив фактора В (позакореневого застосування фунгіцидів і добрив). Таким чином, система живлення та захисту посівів від хвороб майже повністю зумовлює формування кількості колосків у колосі. Частка впливу фактора А (сорт пшениці м'якої ярої) становила 5,19%, а взаємодії досліджуваних факторів – 0,47%. Вплив інших (неконтрольованих) факторів на кількість колосків у колосі перебував на рівні 5,53% (рис. 1).

У 2025 р. зафіксовано незначне зменшення (до 86,59%) частки впливу фактора В (позакореневого застосування фунгіцидів і добрив) на формування кількості колосків у колосі. Натомість вплив фактора А (сорт) зріс до 6,40%. Взаємодія досліджуваних факторів зумовлювала мінливість ознаки на рівні 0,24%, а вплив інших факторів становив 6,77% (рис. 2).

Отже, за результатами дисперсійного аналізу встановлено, що у 2024 і 2025 рр. вирішальну роль у формуванні кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої відігравало застосування фунгіцидів і позакореневого підживлення добривами.

Висновки. Формування високої продуктивності пшениці ярої в мінливих агрокліматичних умовах Правобережного Лісостепу України потребує оптимізації систем догляду за посівами. Результати досліджень доводять, що покращення фунгіцидного захисту та збалансованого позакореневого підживлення цієї культури в критичні фази онтогенезу є ефективним інструментом для максимальної реалізації біологічного потенціалу рослин, зокрема зі збільшення кількості колосків у колосі.

Дворазове застосування фунгіцидів (Амістар Екстра / Елатус Ріа) у поєднанні з позакореневим підживленням добривами у фазі кущення (ВВСН 21–23) та повторно у фазі формування і розвитку колоса (ВВСН 41–45) суттєво збільшує кількість колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої. Достовірно перевищення показників контролю (варіант 6) у сорту Оксамит миронівський становило 0,61–0,82 шт. колосків, а в сорту Дубравка – 0,65–0,87 шт. Найбільшу кількість колосків (17,36 шт. у сорту Оксамит миронівський та 17,23 шт. у сорту Дубравка) зафіксовано на варіанті 9, де застосовували бакову суміш фунгіциду Амістар Екстра з карбамідом, сульфатом магнію та препаратом Нутривант Плюс Зерновий.

Аналіз генотипових особливостей засвідчив, що сорт Оксамит миронівський на всіх варіантах дослідів формувал достовірно більшу кількість колосків у головному колосі порівняно з сортом Дубравка. Водночас встановлено, що обидва сорти мають ідентичну тенденцію реагування на агротехнічні чинники, формуючи максимальну кількість колосків за комплексного внесення препаратів у дві фази розвитку ВВСН 21–23 і 41–45.

Дисперсійним аналізом доведено, що найбільший вплив на формування кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої мав фактор В (застосування фунгіцидів і позакореневого підживлення добривами): його частка у 2024 р. становила 88,82%, а у 2025 р. – 86,59%.

Натомість вплив фактора А (сорт) був значно меншим – 5,19% та 6,40% відповідно, а взаємодія досліджуваних факторів визначала мінливість ознаки лише на рівні 0,47% та 0,24%.

Подальші наукові пошуки в цьому напрямі доцільно зосередити на вивченні впливу досліджуваних систем живлення і захисту на масу 1000 зерен та якісні показники зерна (вміст білка і клейковини). Крім того, актуально є оцінка економічної та енергетичної ефективності дворазового застосування препаратів, а також розширення спектра досліджуваних сортів інтенсивного типу для виділення генотипів, найбільш адаптованих до гідротермічних умов Правобережного Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Lozinskiy M., Burdenyuk-Tarasevych L., Grabovskiy M., Grabovska T., Roubik H. Winter wheat (*T. aestivum* L.) yield depending on the duration of autumn vegetation and the terms of spring vegetation recovery: 50-years study in Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI. № 1. P. 406–415.
- Polevoy A., Barsukova O., Husieva K., Zhygailo O., Volvach O., Kyrnasivska N., Tolmachova A., Zhygailo T., Danilova N., Kostyukievych T. The climate change impact on the development of droughts in Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25(6). P. 194–205. <https://doi.org/10.12911/22998993/187276>
- Цицюра Я. Г. Адаптивна стратегія землеробства Правобережного Лісостепу України за зміни клімату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 25–33.
- Мазур В. А., Капріца А. О. Формування продуктивності ярої пшениці за зміни технології її вирощування в умовах недостатнього зволоження Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 17–24.
- Сарвас С., Мідяний Р., Ірза Б., Гадуп'як Н., Марунчак Р. Соціально-економічні наслідки глобальної зміни клімату. *Академічні візії*. 2023. № 24. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8429968>
- Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2002. 800 с.
- Поліщук І. С., Мазур В. А., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві: підручник. Вінниця, 2017. 602 с.
- Наукові основи оптимізації процесів формування продуктивності озимих та ярих зернових культур: науково-методичні рекомендації / В. М. Юла та ін. Вінниця : ТВОРИ, 2025. 96 с.
- Wahab A., Abdi G., Saleem M. H., Ali B., Ullah S., Shah W. Mumtaz S., Yasin G., Muresan C. C., Marc R. A. Plants' physio-biochemical and phyto-hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: a comprehensive review. *Plants*. 2022. Vol. 11(13). P. 1620. <https://doi.org/10.3390/plants11131620>
- Хоменко С. О., Федоренко М. В., Чугункова Т. В. Успадкування елементів продуктивності та гетерозис у гібридів пшениці твердої ярої (*Triticum durum* Desf.). *Цитологія і генетика*. 2021. Т. 55. № 4. С. 16–25. <https://www.doi.org/10.3103/S0095452721040058>
- Новак Ж. М. Продуктивність рослин сортозразків пшениці твердої ярої за різних норм висіву. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 93(1). С. 145–157. [10.31395/2415-8240-2018-93-1-145-157](https://doi.org/10.31395/2415-8240-2018-93-1-145-157)
- Скиба В., Туряк К. Динаміка врожайності основних сільськогосподарських культур та перерозподілу посівних площ під їх вирощування в умовах адаптивності до зміни клімату. *Виклики для аграрної науки та освіти: збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 15 березня 2023 р.). Київ, 2023. С. 4–8.
- Yanagi M. Climate change impacts on wheat production: Reviewing challenges and adaptation strategies. *Advances in Resources Research*. 2024. Vol. 4, No 1. P. 89–107. DOI:10.50908/arr.4.1_89
- Насінницька технологія вирощування миронівських сортів пшениці озимої та ярої (методичні рекомендації) / За ред. кандидатів с.-г. наук А. А. Сіроштана, В. П. Кавунця. Центральне, 2024. 52 с.
- Zhang D., Hou L., Lv L., Qi H., Sun H., Zhang X., Li S., Min J., Liu Y., Tang Y., Liao Y. Precision agriculture: temporal and spatial modeling of wheat canopy spectral characteristics. *Agriculture*. 2025. Vol. 15(3). P. 326. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030326>
- Демидов О. А., Хоменко С. О., Федоренко І. В., Близнюк Р. М., Кузьменко Є. А. Оцінка адаптивної здатності ліній пшениці ярої в умовах Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2016. № 1(30). С. 57–61.
- Демидов О. А., Лось Р. М., Дубовик Н. С., Гуменюк О. В., Кириленко В. В., Правдзіва І. В., Сабатин В. Я., Власенко І. С. Формування показників якості зерна сортів пшениці озимої (*Triticum* L.) залежно від агротехнічних і екологічних чинників. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 141–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283706>
- Angus J. F., Mackenzie D. H., Morton R., Schafer C. A. Phasic development in field crops II. Thermal and photoperiodic responses of spring wheat. *Field crops research*. 1981. Vol. 4. P. 269–283. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(81\)90078-2](https://doi.org/10.1016/0378-4290(81)90078-2)
- Ji Z., Liu X., Yan F., Wu S., Du Y. The genetic basis of wheat spike architecture. *Agriculture*. 2025. Vol. 15. P. 1575. <https://doi.org/10.3390/agriculture15151575>
- Zhang X., Qiao L., Li X., Yang Z., Liu C., Guo H., Zheng J., Zhang S., Chang L., Chen F., Jia J., Yan L., Chang Z. Genetic incorporation of the favorable alleles for three genes associated with spikelet development in wheat. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 892642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.892642>
- Chen Y., Xia Y., Peng C., Dong H., Zhang Y., Hu L. Genome-wide association studies reveal the complex genetic architecture of grain number per spike in wheat. *Agronomy*. 2026. Vol. 16. P. 786. <https://doi.org/10.3390/agronomy16080786>
- Kuzay S., Lin H., Li C., Chen S., Woods D. P., Zhang J., Lan T., von Korff M., Dubcovsky J. *WAO-A1* is the causal gene of the 7AL QTL for spikelet number per spike in wheat. *PLoS Genet*. 2022. Vol. 18. e1009747. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1009747>
- Радченко М. В. Формування продуктивності та якості зерна сортів пшениці ярої м'якої різних за походженням. *Новітні агротехнології*. 2026. Vol. 14(1). <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.362079>

24. Ghafoor A. Z., Ceglińska A., Karim H., Wijata M., Sobczyński G., Derejko A., Studnicki M., Rozbicki J., Cacak-Pietrzak G. Influence of genotype, environment, and crop management on the yield and bread-making quality in spring wheat cultivars. *Agriculture*. 2024. Vol. 14(12). P. 2131. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122131>
25. Демидов О. А., Кириленко В. В., Гуменюк О. В., Лісова Г. М., Дубовик Н. С., Лось Р. М. Метод гібридизації у селекції *Triticum aestivum* L. в умовах центрального Лісостепу України : монографія. Київ : Компрінт, 2022. С. 238–258. <https://doi.org/10.31073/978-617-8269-29-6>
26. Демидов О. А., Близнюк Б. В., Кириленко В. В., Гуменюк О. В., Лось Р. М., Близнюк Р. М., Сардак М. О., Буяк О. І. Екологічні особливості формування господарсько цінних ознак *Triticum aestivum* L. в агроecosистемах Лісостепу і Полісся України: монографія. Київ: Компрінт, 2023. 211 с. <https://doi.org/10.31073/978-617-8269-55-5>
27. Дем'янюк О. С., Полтава О. П. Позакореневе підживлення як ефективний спосіб підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. *Агро-екологічний журнал*. 2025. № 4. С. 143–150. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2025.345451>
28. Bera H. I. Система удобрення як провідний чинник підвищення урожайності ярих зернових колосових культур. *АгроЕліта*. 2023. № 1–2. URL: <https://agroelita.info/systema-udobrennia-ia-k-providnyuchynnyk-pidvyshchennia-urozhaynosti-ia-rykh-zernovykh-kolosovykh-kultur/>
29. Shimendi G. O., Mohammad S., Wang Y., Pakina E. N. Influence of growth regulators and foliar fertilizers on growth, yield and weed management of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Research on crops*. 2025. Vol. 26(2). P. 245–251. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2025.ROC-1187>
30. Каленська С. М., Новицька Н. В., Мельниченко В. В., Чубко О. П., Фещенко В. В. Ефективність часткового заміщення макро- і мікро-добрив нанохелатними мікро-добривами для підживлення пшениці ярої. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2024. № 32. С. 14–29. <https://doi.org/10.47414/np.32.2024.314608>
31. Олефіренко Б., Демидов О. Урожайність та посівні якості насіння пшениці твердої ярої залежно від фонів живлення і регулятора росту. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. № 76(1). С. 48–57. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-5](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-5)
32. Patil B., Chetan H. T. Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh*. 2018. Vol. 3. P. 49–53.
33. Niu J., Liu C., Huang M., Liu K., Yan D. Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2021. Vol. 21. P. 104–118. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3>
34. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. На заміну ГОСТ 26213-91, чинний від 2004–04–30. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 9 с.
35. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). На заміну ДСТУ ISO 10390:2001 ; чинний від 2009-10-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 4 с.
36. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Чинний від 2006-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 30 с.
37. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. Чинний від 2016-07-01. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 5 с.
38. ДСТУ 4115:2002. ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. На заміну ГОСТ 26204-91; чинний від 2003-01-01. Київ: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 6 с.
39. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І., Музафаров Н. М., Бухало В. Я., Криштоп Є. А. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Харків : Майдан, 2016. 342 с.
40. Ермантраут Е. Р., Карпук Л. М., Вахній С. П., Козак Л. А., Павліченко А. А., Філіпова Л. М. Методика наукових досліджень. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2018. 104 с.

REFERENCES:

1. Lozinskyi, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskyi, M., Grabovska, T. & Roubik, H. (2023). Winter wheat (*T. aestivum* L.) yield depending on the duration of autumn vegetation and the terms of spring vegetation recovery: 50-years study in Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXVI(1), 406–415.
2. Polevoy, A., Barsukova, O., Husieva, K., Zhygailo, O., Volvach, O., Kyrnasivska, N., Tolmachova, A., Zhygailo, T., Danilova, N., & Kostyukievych, T. (2024). The climate change impact on the development of droughts in Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 25(6), 194–205. <https://doi.org/10.12911/22998993/187276>
3. Tsytsiura, Ya. H. (2017). Adaptivna stratehiia zemlerobstva Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy za zminy klimatu [Adaptive strategy of agriculture of the Right-bank Ukrainian Forest-steppe in the conditions of climate change]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 5, 25–33. [in Ukrainian].
4. Mazur, V. A., & Kapritsa, A. O. (2017). Formuvannia produktyvnosti yaroї pshenytsi za zminy tekhnolohii yї vyroshchuvannia v umovakh nedostatnoho zvolozhennia Lisostepu Pravoberezhnoho [Formation of spring wheat productivity under modified cultivation technology in the conditions of insufficient moisture of the Right-bank Forest-steppe zone]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 5, 17–24. [in Ukrainian].
5. Sarvas, S., Midanyi, R., Irza, B., Hadupiak, N., & Marunchak, R. (2023). Sotsialno-ekonomichni naslidky hlobalnoi zminy klimatu [Socio-economic consequences of global climate change], *Akademichni vizii*, 24. [in Ukrainian]. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8429968>
6. Lykhochvor, V. V. (2002). *Roslynnytstvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Crop production. Agricultural crop cultivation technologies]*. Lviv : Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
7. Polishchuk, I. S., Mazur, V. A., & Palamarchuk, O. D. (2017). *Novitni ahrotekhnolohii u roslinnytstvi [Modern agrotechnologies in crop production]*. Vinnytsia. [in Ukrainian].
8. Yula, V. M., et al. (2025). *Naukovi osnovy optymizatsii protsesiv formuvannia produktyvnosti ozymykh*

- ta yarykh zernovykh kultur [Scientific foundations of optimizing the processes of productivity formation in winter and spring cereal crops]. Vinnytsia: TVORY. [in Ukrainian].
9. Wahab, A., Abdi, G., Saleem, M. H., Ali, B., Ullah, S., Shah, W., Mumtaz, S., Yasin, G., Muresan, C. C., & Marc, R. A. (2022). Plants' physio-biochemical and phyto-hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: a comprehensive review. *Plants*, 11(13), 1620. <https://doi.org/10.3390/plants11131620>
 10. Khomenko, S. O., Fedorenko, M. V., & Chuhunkova, T. V. (2021). Uspadkuvannia elementiv produktyvnosti ta heterozyz u hibrydiv pshenytsi tvrdoi yaroї (*Triticum durum* Desf.) [Inheritance of yield components and heterosis in spring durum wheat hybrids (*Triticum durum* Desf.)]. *Tsytolohiia i henetyka*, 55(4), 16–25. <https://doi.org/10.3103/S0095452721040058> [in Ukrainian].
 11. Novak, Zh. M. (2018). Produktivnist roslyn sortozrazkiv pshenytsi tvrdoi yaroї za riznykh norm vysivu [The plants productivity of hard spring wheat varieties samples at different seeding rates]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 93(1), 145–157. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2018-93-1-145-157> [in Ukrainian].
 12. Skyba, V., & Turiak, K. (2023). Dynamika vrozhaїnosti osnovnykh silskohospodarskykh kultur ta pererozpodilu posivnykh ploshch pid yikh vyroshchuvannia v umovakh adaptivnosti do zminy klimatu [Dynamics of the yields of major agricultural crops and redistribution of sown areas under climate change adaptation]. In *Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference "Challenges for Agricultural Science and Education"* (pp. 4–8). Kyiv. [in Ukrainian].
 13. Yanagi, M. (2024). Climate change impacts on wheat production: Reviewing challenges and adaptation strategies. *Advances in Resources Research*, 4(1), 89–107. https://doi.org/10.50908/arr.4.1_89
 14. Siroshstan, A. A., & Kavunets, V. P. (Eds.). (2024). Nasinnytska tekhnolohiia vyroshchuvannia myronivskykh sortiv pshenytsi ozymoi ta yaroї [Seed production technology for Myronivka winter and spring wheat varieties]. Tsentralne. [in Ukrainian].
 15. Zhang, D., Hou, L., Lv, L., Qi, H., Sun, H., Zhang, X., Li, S., Min, J., Liu, Y., Tang, Y., & Liao, Y. (2025). Precision agriculture: Temporal and spatial modeling of wheat canopy spectral characteristics. *Agriculture*, 15(3), 326. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030326>
 16. Demydov, O. A., Khomenko, S. O., Fedorenko, I. V., Blyzniuk, R. M., & Kuzmenko, Ye. A. (2016). Otsinka adaptivnoi zdatnosti linii pshenytsi yaroї v umovakh Lisostepu Ukrainy [Assessment of the adaptive capacity of spring wheat lines under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*, 1(30), 57–61. [in Ukrainian].
 17. Demydov, O. A., Los, R. M., Dubovyk, N. S., Humeniuk, O. V., Kyrylenko, V. V., Pravdziva, I. V., Sabadyn, V. Ya., & Vlasenko, I. S. (2023). Formuvannia pokaznykiv yakosti zerna sortiv pshenytsi ozymoi (*Triticum* L.) zalezno vid ahrotekhnichnykh i ekolohichnykh chynnykiv [Formation of grain quality indicators of winter wheat (*Triticum* L.) varieties depending on agrotechnical and environmental factors]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, 2, 141–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283706> [in Ukrainian].
 18. Angus, J. F., Mackenzie, D. H., Morton, R., & Schafer, C. A. (1981). Phasic development in field crops II. Thermal and photoperiodic responses of spring wheat. *Field Crops Research*, 4, 269–283. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(81\)90078-2](https://doi.org/10.1016/0378-4290(81)90078-2)
 19. Ji, Z., Liu, X., Yan, F., Wu, S., & Du, Y. (2025). The genetic basis of wheat spike architecture. *Agriculture*, 15, 1575. <https://doi.org/10.3390/agriculture15151575>
 20. Zhang, X., Qiao, L., Li, X., Yang, Z., Liu, C., Guo, H., Zheng, J., Zhang, S., Chang, L., Chen, F., Jia, J., Yan, L., & Chang, Z. (2022). Genetic incorporation of the favorable alleles for three genes associated with spikelet development in wheat. *Frontiers in Plant Science*, 13, 892642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.892642>
 21. Chen, Y., Xia, Y., Peng, C., Dong, H., Zhang, Y., & Hu, L. (2026). Genome-wide association studies reveal the complex genetic architecture of grain number per spike in wheat. *Agronomy*, 16, 786. <https://doi.org/10.3390/agronomy16080786>
 22. Kuzay, S., Lin, H., Li, C., Chen, S., Woods, D. P., Zhang, J., Lan, T., von Korff, M., & Dubcovsky, J. (2022). *WAO-A1* is the causal gene of the 7AL QTL for spikelet number per spike in wheat. *PLoS Genetics*, 18, e1009747. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1009747>
 23. Radchenko, M. V. (2026). Formuvannia produktyvnosti ta yakosti zerna sortiv pshenytsi yaroї miakoi riznykh za pokhodzhenniam [Formation of productivity and grain quality in spring bread wheat varieties of different origins]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 14(1). <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.362079> [in Ukrainian].
 24. Ghafoor, A. Z., Ceglińska, A., Karim, H., Wijata, M., Sobczyński, G., Derejko, A., Studnicki, M., Rozbicki, J., & Cacak-Pietrzak, G. (2024). Influence of genotype, environment, and crop management on the yield and bread-making quality in spring wheat cultivars. *Agriculture*, 14(12), 2131. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122131>
 25. Demydov, O. A., Kyrylenko, V. V., Humeniuk, O. V., Lisova, H. M., Dubovyk, N. S., & Los, R. M. (2022). Metod hibrydyzatsii u seleksii *Triticum aestivum* L. v umovakh tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [The method of hybridization in the selection of *Triticum aestivum* L. in the conditions of the central Forest-Steppe of Ukraine]. Kyiv : Kompynt. <https://doi.org/10.31073/978-617-8269-29-6> [in Ukrainian].
 26. Demydov, O. A., Blyzniuk, B. V., Kyrylenko, V. V., Humeniuk, O. V., Los, R. M., Blyzniuk, R. M., Sardak, M. O., & Buniak, O. I. (2023). Ekolohichni osoblyvosti formuvannia hospodarsko tsinnykh oznak *Triticum aestivum* L. v ahroekosystemakh Lisostepu i Polissia Ukrainy [Ecological features of the formation of economically valuable traits of *Triticum aestivum* L. in the agroecosystems of the Forest-Steppe and Polissia of Ukraine]. Kyiv: Kompynt. <https://doi.org/10.31073/978-617-8269-55-5> [in Ukrainian].
 27. Demianiuk, O. S., & Poltava, O. P. (2025). Pozakoreneve pidzhyvlennia yak efektyvnyi sposib pidvyshchennia produktyvnosti silskohospodarskykh kultur [Foliar fertilization as an effective method to increase the productivity of agricultural crops]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, 4, 143–150. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2025.345451> [in Ukrainian].
 28. Veba, N. I. (2023). Systema udobrennia yak providnyi chynnyk pidvyshchennia urozhaїnosti yarykh

- zernovykh kolosovykh kultur [Fertilization system as a key factor in increasing the yield of spring cereal crops]. *AhroElita*. URL: <https://agroelita.info/systema-udobrennia-iak-providnyy-chynnyk-pidvyshchennia-urozhaynosti-iarykh-zernovykh-kolosovykh-kultur/> [in Ukrainian].
29. Shimendi, G. O., Mohammad, S., Wang, Y., & Pakina, E. N. (2025). Influence of growth regulators and foliar fertilizers on growth, yield and weed management of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Research on Crops*, 26(2), 245–251. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2025.ROC-1187>
 30. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Melnychenko, V. V., Chubko, O. P., & Feshchenko, V. V. (2024). Efektyvnist chastkovoho zamishchennia makrodobryv nanokhelatnymy mikrodobryvamy dlia pidzhyvlennia pshenytsi yaroї [Efficiency of partial replacement of macro fertilisers with nano chelates for spring wheat]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 32, 14–29. <https://doi.org/10.47414/np.32.2024.314608> [in Ukrainian].
 31. Olefirenko, B., & Demydov, O. (2024). Urozhainist ta posivni yakosti nasinnia pshenytsi tverdoi yaroї zalezno vid foniv zhyvlennia i rehuliatora rostu [Yield and sowing qualities of durum spring wheat seeds depending on nutrition background and growth regulator]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*, 76(1), 48–57. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-5](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-5) [in Ukrainian].
 32. Patil, B., & Chetan, H. T. (2018). Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh*, 3, 49–53.
 33. Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., & Yan, D. (2021). Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 104–118. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3>
 34. DSTU 4289:2004. (2005). *Yakist gruntu. Metody vyznachannia orhanichnoi rechovyny [Soil quality. Methods for determination of organic matter]*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [In Ukrainian].
 35. DSTU ISO 10390:2007. (2012). *Yakist gruntu. Vyznachennia pH (ISO 10390:2005, IDT) [Soil quality. Determination of pH (ISO 10390:2005, IDT)]*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian].
 36. DSTU 4362:2004. (2005). *Yakist gruntu. Pokaznyky rodiuchosti gruntiv [Soil quality. Soil fertility indicators]*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian].
 37. DSTU 7863:2015. (2016). *Yakist gruntu. Vyznachennia lehkohidroliznoho azotu metodom Kornfilda [Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method]*. Kyiv: UkrNDNTs. [in Ukrainian].
 38. DSTU 4115:2002. (2002). *Grundy. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu i kaliu za modyfikovanyim metodom Chyrykova [Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by the modified Chirikov method]*. Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy z pytan tekhnichnoho rehuliuвання ta spozhyvchoi polityky. [in Ukrainian].
 39. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshchop, Ye. A. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Kn. 2. Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzen [Experimental work in agronomy. Book 2. Statistical processing of agronomic research results]*. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian].
 40. Ermantraut, E. R., Karpuk, L. M., Vakhnii, S. P., Kozak, L. A., Pavlichenko, A. A., & Filipova, L. M. (2018). *Metodyka naukovykh doslidzen [Methodology of scientific research]*. Bila Tserkva: Bilotserkivdruk. [in Ukrainian].
- Лозінський Б.М., Грабовський М.Б. Формування кількості колосків у колосі пшениці ярої залежно від агрометеорологічних умов та елементів технології вирощування в Правобережному Лісостепу України**
- Мета.** Визначення особливостей формування кількості колосків у колосі пшениці ярої залежно від позакореневого підживлення та застосування фунгіцидів для максимальної реалізації продуктивного потенціалу культури в умовах Правобережного Лісостепу України.
- Методи.** Дослідження виконані у 2024 і 2025 рр. в умовах дослідного поля Білоцерківського національного аграрного університету розташованому в Правобережному Лісостепу України відповідно двофакторної схеми: фактор А – сорти пшениці м'якої ярої Оксамит миронівський і Дубравка. фактор В – позакореневе застосування фунгіцидів і добрив. Варіанти розміщували рендомізовано, систематично послідовно у трикратній повторності. Площа ділянки становила 30 м², облікова – 24 м². Дослідження проводили відповідно до чинних методичних рекомендацій. Кількість колосків у головному колосі визначали за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності. **Результати.** Встановлено контрастність метеорологічних умов 2024 і 2025 рр., що вплинуло на закладання і диференціацію конуса наростання пшениці ярої. Більш сприятливі умови для формування кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої були в 2024 р. За одноразового внесення фунгіцидів і позакореневого застосування добрив у фазу кушення (BBCH 21–23) на варіантах 2–5 виявлено суттєве збільшення кількості колосків у колосі у порівнянні з контролем: у сорту Оксамит миронівський на 0,54–0,66 шт. та у сорту Дубравка на 0,56–0,69 шт. Найбільший показник (Оksamит миронівський – 17,19 шт.; Дубравка – 17,05 шт.) зафіксовано на варіанті 4 за використання бакової суміші Амістар Екстра (0,6 л/га) + Нутривант Плюс Зерновий (2 кг/га). За дворазового позакореневого обробітку у фазах BBCH 21–23 і 41–45 (варіанти 7–10) кількість колосків у колосі суттєво перевищувала показники абсолютного контролю (варіант 6). У сорту Оксамит миронівський перевищення становило 0,60–0,82 шт., а сорту Дубравка – 0,65–0,87 шт. Більш ефективним виявили варіант 9, де застосування фунгіциду, карбаміду, сульфату магнію та добрива Нутривант Плюс Зерновий сприяло збільшенню кількості колосків у головному колосі до 17,36 шт. – сорт Оксамит миронівський і 17,23 шт. – Дубравка. **Висновки.** Дворазове застосування фунгіцидів (Амістар Екстра/Елатус Ріа) і позакореневого підживлення добривами у фазах кушення (BBCH 21–23) та повторно у фазі формування і розвитку колоса (BBCH 41–45) суттєво збільшує кількість колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої. Сорт Оксамит миронівський на усіх варіантах дослідів формував суттєво більшу на 0,13–0,18 шт. кількість колосків у головному колосі за відповідні показники сорту Дубравка. Дисперсійним аналізом встановлено, що у 2024 р. (88,82%) і 2025 р. (86,59%) найбільший вплив на формування кількості колосків у головному колосі пшениці м'якої ярої мав фактор В (застосування

фунгіцидів і позакореневе підживлення добривами), за незначної частки сорту 5,19 та 6,40% і взаємодії факторів 0,47 та 0,24% відповідно.

Ключові слова: пшениця м'яка, кількість колосків, фунгіциди, позакореневе застосування, добрива, погодні умови.

Lozinskyi B.M., Grabovskyi M.B. Formation of the number of spikelets per spike in spring wheat depending on agrometeorological conditions and cultivation practices in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Aim. To determine the peculiarities of spikelet number formation in the main spike of spring wheat depending on foliar fertilization and fungicide application in order to maximize the crop productivity potential under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Materials and Methods.** The study was conducted during 2024–2025 at the experimental field of Bila Tserkva National Agrarian University, located in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. A two-factor experimental design was employed: Factor A comprised two spring bread wheat cultivars, Oksamyт Myronivskyi and Dubravka; Factor B included different combinations of foliar fertilizers and fungicide applications. Treatments were arranged in a randomised systematic order with three replications. The total plot area was 30 m², with a harvest area of 24 m². The research was carried out in accordance with current methodological guidelines. The number of spikelet's in the main spike was determined from a representative sample of 25 plants in triplicate. **Results.** Contrasting meteorological conditions were observed during the 2024 and 2025 growing seasons, significantly affecting the initiation and differentiation of the spring wheat apical meristem. Weather conditions in 2024 were more favorable for spikelet formation in the main spike than those in 2025. Under a single fungicide application combined with foliar fertilization at the

tillering stage (BBCH 21–23; Treatments 2–5), the number of spikelets per spike increased significantly compared with the untreated control. In the cultivar Oksamyт Myronivskyi, the increase ranged from 0.54 to 0.66 spikelet's per spike, while in Dubravka it ranged from 0.56 to 0.69 spikelet's. The highest values (17.19 and 17.05 spikelets per spike for Oksamyт Myronivskyi and Dubravka, respectively) were recorded in Treatment 4 following application of the tank mixture comprising Amistar Extra (0.6 L ha⁻¹) and Nutrivant Plus Cereals (2 kg ha⁻¹). Under double foliar treatment at BBCH growth stages 21–23 and 41–45 (Treatments 7–10), the number of spikelets per spike significantly exceeded that of the absolute control (Treatment 6). The increase amounted to 0.60–0.82 spikelet's in Oksamyт Myronivskyi and 0.65–0.87 spikelet's in Dubravka. Treatment 9 proved to be the most effective, where the combined application of fungicide, urea, magnesium sulphate and Nutrivant Plus Cereals fertiliser increased the number of spikelets in the main spike to 17.36 in Oksamyт Myronivskyi and 17.23 in Dubravka. **Conclusions.** Double application of fungicides (Amistar Extra/Elatus Era) together with foliar fertilization at the tillering stage (BBCH 21–23) followed by a second application during spike formation and development (BBCH 41–45) significantly increased the number of spikelet's in the main spike of spring bread wheat. Across all treatments, the cultivar Oksamyт Myronivskyi consistently produced significantly more spikelet's per main spike than Dubravka, exceeding it by 0.13–0.18 spikelet's. Analysis of variance revealed that Factor B (fungicide application combined with foliar fertilization) exerted the greatest influence on spikelet number formation, accounting for 88.82% of the total variation in 2024 and 86.59% in 2025, whereas the contribution of the cultivar was relatively small (5.19% and 6.40%, respectively), and the interaction between the factors accounted for only 0.47% and 0.24%, respectively.

Key words: spring bread wheat, spikelet number, fungicides, foliar application, fertilizers, weather conditions.

Дата першого надходження статті до видання: 01.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 631.559+664.64.016:633.36/.37:631.816
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.20>

ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ СОЇ

МАЗУР О.В. — кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-2237-5116

Вінницький національний аграрний університет

ШКАТУЛА Д.Ю. — аспірант

orcid.org/0009-0009-7593-6157

Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) є однією з найважливіших зернобобових культур і посідає важливе місце в аграрному секторі України як стратегічно білково-олійна культура з широким спектром застосування у харчовій, технічній і кормовій галузях [1].

Інтерес сільгоспвиробників до вирощування сої обумовлений високою поживністю зерна культури, у якому міститься від 30–45 % рослинного білка, 17–27 % олії, 20–30 % вуглеводів і близько 2 % різних вітамінів [2]. Широкі можливості використання, стабільно високий попит на внутрішньому і зовнішньому ринках, збагачення ґрунту біологічним азотом, сприятлива дія на культури у сівозміні робить привабливою дану сільськогосподарську культуру для вирощування у різних ґрунтово-кліматичних зонах України [3].

Світовий попит на сою стабільно підвищується. У відповідь на цей попит її виробництво зростає у всьому світі, в тому числі і в Україні завдяки поєднанню збільшення площ посіву і більшої врожайності насіння сої. Так, в Україні площа посівів сої у 2024 році становила 2032,3 тис. га, що майже на 200 тис. га більше, ніж у 2023 році [4]. За статистичними даними в 2025 році площа посіву сої зменшилась на 226,2 тис. га порівняно з фактичним показником за 2024 рік і становила біля 2,4 млн. га. Зменшення площ пов'язано насамперед з перерозподілом сільськогосподарських площ на користь таких культур, як соняшник і кукурудза [5].

Науковці І.М. Дідур, А.Б. Голованюк [6], в своїй науковій праці зазначають, що лідерами за посівними площами під соєю в Україні були Полтавська (215 тис. га), Хмельницька (212 тис. га), Житомирська (150 тис. га), Вінницька (143 тис. га) і Київська (140 тис. га) області, що сукупно становило 46,4 % площ посівів під даною культурою. Відмічено також, що соя в Україні має тенденцію до стабільного збільшення рівня середньої врожайності, зокрема у 2023 році показник урожайності зерна зріс до 2,60 т/га, а показник врожаю сої у 2024 році досяг 6 мільйонів тонн. Експортна виручка від продажу культури також може встановити новий рекорд, сягнувши 1,4 мільярда доларів США [7].

За таких умов вітчизняні товаровиробники мають бути зацікавлені у нарощуванні обсягів виробництва зерна сої, оскільки зростає попит на продукти харчування, корми і біосировину.

Для підвищення продуктивності сої велика увага приділяється сортовому підбору, ефективності

технології вирощування, технічному забезпеченню якісного виконання всіх агротехнологічних заходів. Важливою ланкою інтенсифікації вирощування сої є підвищення рівня мінерального живлення. Причому не збільшення доз внесення мінеральних добрив, а поліпшення дієвості завдяки оптимальному вмісту макро і мікроелементів в їх складі, доступності культурним рослинам, раціональному їх застосуванню в умовах певного регіону. Мінеральні добрива повинні вноситись з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей сучасних сортів сої та потреб в поживних елементах.

Питання оптимізації мінерального живлення у вирощуванні сучасних сортів сої з метою підвищення врожайності насіння в умовах адаптації до ґрунтово-кліматичних умов правобережного Лісостепу потребує більш системного та сталого вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдяки науковим працям В.Ф. Петриченко, В.В. Лихочвору, В.Ф. Камінському, О.М. Бахмату, І.М. Дідуру та інших науковців досягнуті значні успіхи у вирішенні низки питань щодо мінерального живлення сої.

Серед основних цілей сталого розвитку, спрямованих на подолання продовольчого дефіциту, а також на боротьбу зі зміною клімату відзначається необхідність розробки іновативних технологій для підвищення ефективності сільського господарства та збільшення обсягів вирощування рослинницької продукції [8]. Інтенсифікація виробництва зерна сої повинна стати одним із стратегічних напрямків прискореного розвитку всього агропромислового виробництва України. Для цього необхідно зосередити увагу на створенні високопродуктивних сортів сої різних груп стиглості, оптимізації структури посівних площ провідних сільськогосподарських культур, розробці та впровадженню наукоємних, іновативних технологій. Підвищення продуктивності сої можливе завдяки удосконаленню і розробці основних елементів адаптивних технологій вирощування для кожної ґрунтово-кліматичної зони.

Соя є зернобобовою культурою і займає чільне місце в загальній структурі посівних площ агроформувань країни. Соя відноситься до вимогливих культур щодо наявності в ґрунті поживних речовин та потребує збалансованого мінерального живлення. Частка участі добрив в урожаї сої залежно від погодних умов, попередника, забезпеченості поживними речовинами може



становити 30–40 %. Потреба мінімізації затрат ресурсів, а при цьому збереження родючості ґрунтів і продуктивності культури, зумовлюють необхідність перегляду традиційної системи її удобрення.

При вирощуванні сої важливим аспектом є створення оптимального поживного режиму, який суттєво відрізняється від інших сільськогосподарських культур завдяки можливості задовольняти свої потреби в поживних речовинах завдяки азотфіксуючій здатності. Дана особливість рослин сої дозволяє навіть відмовитися від застосування органічних і мінеральних добрив [9].

За результатами досліджень В.Ф. Петриченка, С.І. Колісника соя на формування 1 ц насіння і відповідної кількості побічної продукції використовувала 7,3–7,8 кг азоту, 2,4–2,5 кг фосфору, 2,9–3,6 кг калію та 2,4–2,6 кг кальцію [10].

Система удобрення – один з основних елементів технології вирощування, за допомогою якого можна регулювати процеси росту і розвитку рослин сої. Особливо важливим є оптимальне забезпечення елементами живлення рослин в критичні періоди їх росту та розвитку: цвітіння-формування бобів. Правильно підібраних мінеральних добрив для забезпечення рослин усіма необхідними макро і мікроелементами для нормального розвитку та особливостями їх внесення [11, 12].

Ряд авторів А.В. Голодна, Я.В. Грицюк [13], у своїй науковій праці відмічають, що рослини сої, здатні фіксувати від 100 до 150 кг атмосферного азоту, а у процесі вегетації використовує біля 90 кг цього азоту, а його залишок є джерелом мінерального живлення для наступних сільськогосподарських культур у сівозміні. На відміну від мінеральних добрив, азот, який накопичує соя, не забруднює ґрунт та легко засвоюється іншими культурами. Від початку сходів до початку цвітіння рослини сої засвоюють 16,6 % азоту, 10,4 % фосфору і 24,7 % калію [14], 10–11 % кальцію, 6–8 % магнію [15]. Нестача елементів живлення у цей період негативно відображається на продуктивності сої, бо на початку вегетації у культури формуються вузли і утворюються гілки, а у фазі 2–3 справжніх листків закладаються квітки.

За рахунок внесення мінеральних добрив можна впливати на елементи структури врожаю – висоту прикріплення бобів, довжину та кількість бобів на рослині, кількість зерен у бобі, масу 1000 зерен та змінювати обсяг урожаю [16].

Метою дослідження є аналіз особливостей сої до мінерального живлення, впливу системи удобрення на продуктивність культури в умовах зміни клімату.

Результати досліджень. Зі зміною кліматичних умов у більшості регіонів України, система удобрення стає визначальним чинником, що впливає на водний та поживний режим ґрунту і визначає врожайність зерна сої. Рослини сої для належного функціонування та формування високої продуктивності потребують протягом вегетації достатньої кількості елементів живлення у доступних формах [17].

Внесення мінеральних форм поживних речовин, особливо на бідних ґрунтах, є основним чинником підвищення врожаю та якості зерна сої. Розрахунок дози добрив під сою повинен ґрунтуватися на хімічному

аналізі з визначенням вмісту поживних речовин в ґрунті, але не повинна бути меншою за винесення елементів живлення.

Особливої уваги заслуговує азотне живлення сої, як високобілкової культури. Відомо, що азот безпосередньо входить до складу білкової молекули і середній його вміст в білку становить близько 16–18 %. Щодо використання азотних форм добрив під зернобобові культури, зокрема сою, існує кілька поглядів. Згідно з першим, мінеральний азот під сою не є необхідним, оскільки у симбіозі з бульбочковими бактеріями рослини цілком задовольняють свою потребу в азоті за рахунок фіксації його з повітря. За другою думкою, під сою треба вносити невеликі (10–30 кг д.р./га) дози мінерального азоту. Це обґрунтовується тим, що у перші 10–20 діб росту та розвитку рослин, коли бульбочки ще не сформувались і не розпочалась фіксація азоту з атмосфери, соя поглинає мінеральний азот для формування якомога більшої площі листя, котра знадобиться у подальшому для успішної фіксації азоту з повітря за допомогою бульбочкових бактерій. Деякі дослідники вважають, що під сою необхідно вносити помірні дози (45–60 кг д.р./га) азотних добрив. Існує й четверта позиція, згідно з якою слід цілком відмовитися від симбіотичного азоту та вирощувати сою використовуючи мінеральний азот, досягаючи максимально можливого урожаю, адже для ефективного бобово-ризобіального симбіозу не завжди складаються сприятливі умови [18].

Професори В.В. Лихочвор та В.Ф. Петриченко рекомендують вносити стартову дозу азоту (N_{30-45}) лише на бідних ґрунтах та після неудобраних попередників, а повну дозу – на рівні N_{60-90} – у разі неефективної роботи бульбочок з прохолодними, затяжними веснами [19].

У сої відносна ефективність використання фіксованого азоту і азоту з мінеральних добрив суттєво залежить від сорту, умов вирощування, кліматичних умов, а врожайність від інокуляції насіння в багатьох випадках може бути вищою, ніж від внесення азотних добрив. Тому одним із важливих зовнішніх факторів, які впливають на утворення і розвиток кореневих бульбочок сої і їх азотфіксуючу активність, є мінеральний азот. Встановлено, що внесення помірних норм азотних мінеральних добрив ($N_{30}P_{60}K_{60}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$) на варіантах досліді без інокуляції сприяло взаємодії мінерального азоту з природною популяцією бульбочкових бактерій. Однак бактеризація насіння сої ризогуміном стимулювала розвиток на кореневій системі сої максимальних показників чисельності і маси бульбочок. Найвищого значення показників симбіотичної діяльності рослин сої досягли на варіанті досліді з інокуляцією і внесенням мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Збільшення норм азоту з N_{60} до N_{120} знижувало ефективність бактеризації шляхом пригнічення азотфіксації, зменшення кількості і маси бульбочок на коріннях рослин сої та рівня врожайності зерна [20].

За даними Я.О. Ярового [21], продуктивність сої значно залежить від внесення азотних добрив, ефективність яких змінюється від особливостей кліматичних умов на протязі вегетаційного періоду. В системі

удобрення ефективним є застосування 30 кг/га д.р. азотних добрив. Так, у сприятливому 2023 р. врожайність насіння становила 3,92 т/га, а в сухому 2024 р. – 1,55 т/га. Проведення бактеризації насіння сої перед посівом забезпечує приріст на рівні 0,04–0,63 т/га врожаю насіння залежно від погодних умов.

За дорожнечі і нестачі азотних добрив їхнє застосування під бобові культури нерідко визначаються недоцільними. Потрібно робити лише за умови активної азотфіксації, коли рослини достатньою мірою забезпечують себе біологічним азотом. Тому азотні туки доцільно вносити в підживленні, визначивши попередню активність симбіозу.

Внесення фосфорних і калійних добрив сприяє кращому розвитку кореневої системи, формування більшої чисельності бульбочкових бактерій, що в свою чергу підвищує засвоєння атмосферного азоту. Оптимальні дози мінеральних добрив дозволяють позитивно впливати на ріст, фотосинтетичну активність і підвищувати врожайність і якість насіння сої. Калій, відіграє важливу роль у регулюванні синтезу білка, підтриманні водного балансу, перерозподілі вуглеводів, азотному обміні, підвищує стійкість рослин до посух, захворювань і вилягання, покращує засвоєння ними фосфору та азоту.

Порівняно з рівнем споживання азоту та калію, фосфор поглинається соєю в найменшій кількості. Фосфор сприяє розвитку кореневої системи рослин сої, сприяє підвищенню насінневої продуктивності, прискоренню дозрівання врожаю, запобігає вилягання рослин. Ряд науковців А.О. Бабич, М.І. Бахмат, О.М. Бахмат, зазначають, що засвоєння фосфору кореневою системою починається вже через 3–5 діб після проростання насіння, досягаючи максимальних рівнів поглинання (до 0,45 кг/добу) з настанням фази формування бобів та припиняється за 10 діб до повної стиглості насіння сої [22]. Збалансоване фосфорно-калійне живлення покращує розвиток кореневої системи культурних рослин, підвищує масу та кількість бульбочок, ефективність симбіозу та олійність насіння, сприяє зниженню ураженості рослин сої хворобами підвищує продуктивність культури.

За даними науковців Львівського національного аграрного університету для отримання урожайності насіння сої на рівні 3,15 т/га з високими показниками якості необхідно вносити мінеральні добрива в дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ із позакореневим підживленням мікродобривами під час вегетації [23].

За рекомендаціями Шувар А.М., Сенік І.І., Сидорук Г.П., Чубарик М.В. [24], в умовах Лісостепу західного, на чорноземних ґрунтах із низьким вмістом фосфору та середньою забезпеченістю калієм оптимальним способом удобрення посівів сої є припосівне внесення комплексного мінерального добрива $N_{12}P_{24}K_{12}$ в нормі 100 кг/га, що забезпечує рівень урожайності насіння сої на рівні 4,03 т/га.

На дерново-підзолистому ґрунті із низьким рівнем забезпеченості азотом, калієм і високим фосфором найвищі величини структурних показників сформовані у варіантах застосування розрахункових доз добрив за нормативним методом $N_{55}P_{20}K_{50}$ і $N_{65}P_{50}K_{75}$ із додаванням

S_{40} + мікродобриво (двічі) на фоні 1,0 Нг $CaMg(CO_3)_2$, що дозволило отримати врожайність насіння сої на рівні 2,48 і 2,60 т/га. Застосування рекомендованої дози $N_{45}P_{60}K_{60}$ за інших однакових умов у досліді не забезпечує істотного приросту врожаю зерна сої [25].

Інокуляція насіння сої бактеріальними препаратами, що містять ефективні штами ризобій, є перспективним методом підвищення врожайності без надмірного використання азотних добрив. Біопрепарати стимулюють утворення симбіотичних бульбочок, що сприяє фіксації атмосферного азоту та зменшення залежності від мінеральних добрив. Застосування мінерального удобрення та інокуляції насіння є надзвичайно важливими технологічними заходами при вирощуванні сої. За результатами досліджень найбільше наростання вегетативної маси у відповідні фази росту і розвитку рослин спостерігалось за мінерального живлення на фоні $N_{30}P_{45}K_{45}+N_{15}$ підживлення у поєднанні із використанням інокулянта БіоМаг Соя [15].

Більшість науковців і виробників відмічають, що соя доволі вибаглива до поживних елементів. Одних лише макроелементів недостатньо для реалізації потенційної врожайності сучасних сортів сої. Враховуючи високу фізіологічну потребу культурних рослин, слід акцентувати увагу на забезпеченні їх мікроелементами, нестача яких призводить до порушення найважливіших біологічних процесів, що відбуваються в рослинах сої [26, 27, 28, 29]. Рослинам сої необхідні такі мікроелементи, як залізо (Fe), мідь (Cu), молібден (Mo), марганець (Mn), кобальт (Co), цинк (Zn), бор (B), сірка (S), які беруть участь у всіх фізіологічних процесах розвитку рослин, підвищують ефективність багатьох ферментів у рослинному організмі та покращують засвоєння рослинами елементів живлення із ґрунту. Більшість мікроелементів є активними каталізаторами, які прискорюють біохімічні реакції та впливають на їхню спрямованість [30].

Основним джерелом мікроелементів для рослин є ґрунт. Не всі ґрунтимають однаковий їх вміст, та й за останні роки інтенсифікації сільського господарства запаси мікроелементів у ґрунті різко скоротилися. Разом із урожаєм сільськогосподарських культур виносяться з ґрунту й значна частина запасів мікроелементів [31]. Позитивна дія мікродобрив проявляється на ґрунтах середньої і особливо, низької норми вмісту мікроелементів.

Таким чином, одним із найбільш ефективних технологічних прийомів, що визначають рівень врожайності та якість насіння сої, є система удобрення. Враховуючи біологічну здатність цієї культури до споживання симбіотичного азоту та поглинання фосфору із важкодоступних сполук ґрунту, використання мінеральних добрив під сою є специфічним. Тому лише правильно сформована система удобрення та технологія вирощування сої дозволить реалізувати потенціал продуктивності та якості її насіння.

Висновки. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що соя є вимогливою культурою до технологічних та кліматичних умов вирощування і вимагає значної кількості поживних речовин на протязі вегетаційного періоду.

Фон живлення є одним з найголовніших елементів у технології вирощування сої. Внесення мінеральних добрив сприяє зміні хімічного складу ґрунту, його фізичних властивостей, збільшує вміст доступних рослинам елементів живлення, Покращення мінерального живлення позитивно впливає на фотосинтез, покращується ріст рослин і відповідно збільшуються показники врожайності.

Система удобрення сої має задовольняти потреби сої відповідно до елементів живлення в ґрунті та їх винесення рослинами. Сучасна ефективна система удобрення сої має бути спрямована на збалансоване забезпечення макро і мікроелементами та створення оптимальних умов для проходження процесів азотфіксації.

Внесення помірних норм мінеральних добрив $N_{20-40}P_{20-40}K_{20-40}$ кг/га д.р. та N_{15} у підживлення у фазі бутонізації рослин сої сприяє ефективному росту і розвитку культурних рослин, підвищенню врожайності насіння сої.

Комбіноване застосування мінеральних добрив які містять макро і мікроелементи та бактеризації насіння сої дає змогу значно підвищити ефективність живлення рослин сої та забезпечити стабільний рівень урожайності, підвищенню агроекологічної стійкості агроценозів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Панцирева Г.В., Ковальчук В.М. Дослідження елементів технології вирощування сої на основі мобілізаційних агропідходів за природних процесів ґрунтово-імобілізаційного характеру. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 107–112. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.6>
2. Бахмат М.І., Бахмат О.М., Трач І.В. Сортова продуктивність сої в умовах Лісостепу Західного. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 146–150. DOI: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2013_76_27
3. Соя / В.Ф. Петриченко та ін. ; За ред. В.Ф. Петриченка, С.В. Іванюка. Вінниця : Віндрук, 2016. 400 с.
4. Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098>
5. Площі посіву сої в Україні скоротилися на понад 200 тисяч гектарів. URL: <https://agreview.com/content/roslyny/ploshhi-posivu-soyi-ukrayini-skorotylusya/> (дата звернення: 29.12.2025).
6. Дідур І.М., Голованюк А.Б. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 193–196. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.27>
7. В Україні зібрали рекордний врожай сої у 2024 році. *Пропозиція*. URL: <https://propozitsiya.com/news/v-ukrayini-zibraly-rekordnyy-vrozhay-soyi-u-2024rotsi> (дата звернення: 29.12.2025).
8. FAO (2023). The state of food security and nutrition in the World 2023. Building resilience for peace and food security. FAO UN. URL: <http://www.fao.org/3/a-i5528r.pdf> (дата звернення : 25.12.2025).
9. Циганський В.І., Циганська О.І., Панцирева Г.В., Шевчук О.В. Накопичення біологічного азоту багаторічними бобовими травами та зернобобовими культурами як спосіб відновлення родючості ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 1 (36). С. 16–27. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-1-2
10. Петриченко В.Ф., Колісник С.І. Рекомендації по вирощуванню сучасних технологій вирощування сої на насіння. Вінниця : ВДСГІ, 1999. с. 11.
11. Дідур І. М., Шевчук В.В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. Вип. 16. С. 48–60. DOI: 10.37128/2707-58 26-2020-1-4
12. Шовкова О.В. Продуктивність сортів сої ранньостиглої групи в умовах лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 113–118. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.13
13. Голодна А.В., Грицюк Я.В. Культура соя та її значення у сучасному світовому і вітчизняному агропромисловому виробництві. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 2. С. 100–109. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2024.309929
14. Сереветник О.В. Вплив строків проведення позако-ренивального підживлення на урожайність сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 141–146.
15. Соя : монографія / за ред. В.В. Кириченка. Харків, 2016. 400 с.
16. Камінський В.Ф., Мосьондз Н.П. Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних заходів в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 67. С. 45–50.
17. Огурцов Є.М. Соя у Східному Лісостепу України. Х., 2008. 270 с.
18. Колісник С.І., Кобак С.Я., Сереветник О.В. Особливості азотного живлення сої. *Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України* : матеріали міжнар. наук. конф., м. Вінниця 11–12 серпня 2016 р. Вінниця, 2016. С. 27.
19. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та систем удобрення польових культур. Львів, 2021. 288 с.
20. Каленська С.М., Новицька Н.В., Каленський В.П., Джемесюк О.В., та ін. Вплив норм азотних добрив на азотфіксуючу здатність та продуктивність сої. *Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України* : матеріали міжнар. наук. конф., м. Вінниця 11–12 серпня 2016 р. Вінниця, 2016. С. 30.
21. Яровий Я.О. Продуктивність сої залежно від удобрення та інокуляції. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2024. Вип. 105. Ч. 1. С. 268–278. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-268-278
22. Бабич А.О., Бахмат М.І., Бахмат О.М. Соя : агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський, 2013. 268 с.
23. Лихочвор В.В., Щербачук В.М., Панасюк Р.М., Панасюк О.В. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах західного Лісостепу. *Передібрне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 60. С. 88–96.
24. Шувар А.М., Сенік І.І., Сидорук Г.П., Чубарик М.В. Вплив удобрення на насінневу продуктивність сої

- в умовах Лісостепу західного. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. 158–162. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.31.24>
25. Польовий В., Ященко Л., Ровна Г. Формування продуктивності сої (GLYCINE MAX (L.) MERR.) на дерново-підзолистому ґрунті за різних доз удобрення і меліорантів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2023. № 27. С. 140–145. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.140>
 26. Четверик О.О., Шакалій С.М., Марініч Л.Г. Вплив елементів технології на фотосинтетичну продуктивність посівів сої. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 200–206. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.29.32>
 27. Довбиш Л.Л., Можарівська І.А., Корбут Б.О., Бойко І.Ю. Вплив борвмісних добрив на продуктивність зерна сої в умовах Лісостепу Житомирської області. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 53–58. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.8>
 28. Фатеев А.І., Пашенко Я.В. Фооновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Харків, 2003. 117 с.
 29. Kolesnikov M., Tymoshchuk T., Moisiienko V., Vyshnivskyi P., & Rudenko Yu. Formation of the photo-assimilation apparatus of pea (*Pisum sativum* L.) crops under biostimulants in arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024. № 27 (4). Д. 76–85. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor4.2024.76>
 30. Новохацький М.Л., Бондаренко А.Л. Потреба сої в мікродобривах та доцільність їх застосування. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарства України*. 2018. Вип. 22 (36). С. 237–244.
 31. Шевніков М.Я. Вплив мікроелементів на продуктивність сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2006. № 3. С. 21–24.
- REFERENCES:**
1. Patsyryeva, H.V. & Kovalchuk, V.M. (2024). Doslidzhennia elementiv tekhnologii vyroshchuvannia soi na osnovi mobilizatsiinykh ahropidkhdov za pryrodnykh protsesiv gruntovo-immobilizatsiinoho kharakteru. [Research into the elements of soybean growing technology based on mobilization agricultural approaches using natural soil-immobilization processes]. *Ahrarni innovatsii*, 2024, 107–112 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.29.6>
 2. Bakhmat, M.I., Bakhmat, O.M. & Trach, I.V. (2013). Sortova produktyvnist soi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. [The of high quality productivity of soy is in the conditions of Forest-steppe Western]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 76. 146–150 [in Ukrainian]. http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2013_76_27
 3. Petrychenko V.F., ta in. (2016). Soia. [Soya]. V.F. Petrychenko, S.V. Ivaniuka (Ed.). Vinnytsia : Vindruk [in Ukrainian].
 4. Korobko A.A. (2021). Dynamika vyrobnytstva soi v Ukraini ta sviti. [A dynamics of production of soy is in Ukraine and world]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 4, 125–134 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098>
 5. Ploshchi posivu soi v Ukraini skorotylysia na ponad 200 tysiach hektariv. [Soybean sowing areas in Ukraine have decreased by more than 200,000 hectares]. <https://agroveview.com/content/roslyny/ploshhi-posivu-soyi-ukrayini-skorotylysia/>
 6. Didur, I.M., & Holovaniuk, A.B. (2025). Stan ta perspektyvy vyrobnytstva soi v Ukraini. [The state and prospects of production of soy are in Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 30, 193–196 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30.27>
 7. V Ukraini zibraly rekordnyi vrozhai soi u 2024 rotsi. [A record soybean harvest was harvested in Ukraine in 2024]. *Propozytsiia*. [in Ukrainian]. <https://propozitsiya.com/news/v-ukrayini-zibraly-rekordnyy-vrozhay-soyi-u-2024rot-si>
 8. FAO (2023). The state of food security and nutrition in the World 2023. *Building resilience for peace and food security*. FAO UN. <http://www.fao.org/3/a-i5528r.pdf>
 9. Tsyhanskyi, V.I., Tsyhanska, O.I., Patsyryeva H.V. & Shevchuk, O.V. (2025). Nakopychennia biolohichnoho azotu bahatorichnymy bobovymy travamy ta zernobobovymy kulturamy yak sposib vidnovlennia rodulichosti gruntu. [Accumulation of biological nitrogen by longterm leguminous herbares and leguminous plants as a method of proceeding in fertility of soil]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 1 (36), 16–27 [in Ukrainian]. doi:10.37128/2707-5826-2025-1-2
 10. Petrychenko, V.F. & Kolisnyk, S.I. (1999). Rekomendatsii po vyvchennii i vprovadzhennii suchasnykh tekhnologii vyroshchuvannia soi na nasinnia. [Recommendations for the study and implementation of modern technologies for growing soybeans on seeds]. Vinnytsia : VDSHI, [in Ukrainian].
 11. Didur, I. M. & Shevchuk, V.V. (2020). Pidvyshchennia rodulichosti gruntu v rezultati nakopychennia biolohichnoho azotu bobovymy kulturamy. [Fertility-improving of soil as a result of accumulation of biological nitrogen by leguminous cultures]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 16, 48–60 [in Ukrainian]. doi: 10.37128/2707-58 26-2020-1-4
 12. Shovkova, O.V. (2022). Produktyvnist sortiv soi rannostykhloi hrupy v umovakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [The productivity of sorts of soy of rannostykhloi group is in the conditions of left-bank Forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 2. 113–118 [in Ukrainian]. doi: 10.31210/visnyk 2022.02.3
 13. Holodna, A.V. & Hrytsiuk, Ya.V. (2024). Kultura soia ta yii znachennia u suchasnomu svitovomu i vitchyznianomu ahrovyrobnytstvi. [Soybean culture and its importance in modern world and domestic agricultural production]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 2, 100–109 [in Ukrainian]. doi: 10.33730/2310-4678.2.2024.309929
 14. Serevetnyk, O.V. (2011). Vplyv strokiv provedennia pozakorenevoho pidzhyvlennia na urozhainist soi v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [The influence of the terms of foliar feeding on soybean productivity in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 69, 141–146. [in Ukrainian].
 15. Kyrychenko, V.V. (Eds.) (2016). Soia : monohrafiia [Soya: a monograph]. Kharkiv [in Ukrainian].
 16. Kaminskyi, V.F. & Mosondz, N.P. (2010). Formuvannia produktyvnosti soi zalezno vid ahrotekhnichnykh zakhodiv v umovakh pivnichnoho Lisostepu Ukrainy.

- [Formation of soybean productivity depending on agro-technical measures in the conditions of the northern forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 67, 45–50 [in Ukrainian].
17. Ohurtsov Ye.M. (2008). Soia u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy. [Soy in the Eastern Forest Steppe of Ukraine]. Kh: [in Ukrainian].
 18. Kolisnyk, S.I., Kobak, S.Ia. & Serevetnyk, O.V. (2016). Osoblyvosti azotnoho zhyvlennia soi. [Features of nitrogen nutrition of soybeans]. *Zernobobovi kultury ta soia dlia staloho rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva Ukrainy* : materialy mizhnar. nauk. konf., (p. 27). Vinnytsia: [in Ukrainian].
 19. Lykhochvor, V.V. & Petrychenko, V.F. (2021). Fiziologichna rol elementiv zhyvlennia ta system udobrennia polovykh kultur. [Physiological role of field crop nutrients and fertilization systems]. Lviv: [in Ukrainian].
 20. Kalenska, S.M., Novytska, N.V., Kalenskyi, V.P. & Dzhesiuk, O.V., ta in. (2016). Vplyv norm azotnykh dobryv na azotfiksuichu zdathnist ta produktyvnist soi. [The influence of nitrogen fertilizer norms on the nitrogen-fixing capacity and productivity of soybeans]. *Zernobobovi kultury ta soia dlia staloho rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva Ukrainy* : materialy mizhnar. nauk. konf., (p. 30). Vinnytsia: [in Ukrainian]. doi: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-268-278
 21. Yarovyi, Ya.O. (2024). Produktyvnist soi zalezho vid udobrennia ta inokulatsii. [Soybean productivity depending on fertilization and inoculation]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu*, 105 (1), 268–278 [in Ukrainian]. doi: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-268-278
 22. Babych, A.O., Bakhmat, M.I. & Bakhmat, O.M. (2013). Soia : ahroekologichni osnovy vyroshchuvannia, pereobrobky i vykorystannia. [Soy: agroecological foundations cultivation, processing and use]. Kamianets-Podilskyi.
 23. Lykhochvor, V.V., Shcherbachuk, V.M., Panasiuk, R.M., & Panasiuk O.V. (2016). Vplyv udobrennia na formuvannia fotosyntetichnoi ta zernovoi produktyvnosti soi v umovakh zakhidnoho Lisostepu. [The influence of fertilization on the formation of photosynthetic and grain productivity of soybeans in the conditions of the western forest-steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 60, 88–96 [in Ukrainian].
 24. Shuvar, A.M., Senyk, I.I., Sydoruk, H.P. & Chubaryk, M.V. (2025). Vplyv udobrennia na nasinnievu produktyvnist soi v umovakh Lisostepu zakhidnoho. [The effect of fertilization on soybean seed productivity in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Ahrarni innovatsii*, 31, 158–162 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2025.31.24>
 25. Polovyi, V., Yashchenko L. & Rovna H. (2023). Formuvannia produktyvnosti soi (GLYCINE MAX (L.) MERR.) na dernovo-pidzolystomu grunti za riznykh doz udobrennia i meliorativ. [Formation of soybean productivity (GLYCINE MAX (L.) MERR.) on sod-podzolic soil at different doses of fertilization and meliorants]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*, 27, 140–145 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.140>
 26. Chetveryk, O.O., Shakali, S.M. & Marinich L.H. (2025). Vplyv elementiv tekhnologii na fotosyntetichnu produktyvnist posviv soi. [The influence of technology elements on the photosynthetic productivity of soybean crops]. *Ahrarni innovatsii*, 29, 200–206 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2025.29.32>
 27. Dovbysh, L.L., Mozharivska, I.A., Korbut, B.O. & Boiko, I.Iu. (2023). Vplyv borvmisnykh dobryv na produktyvnist zerna soi v umovakh Lisostepu Zhytomirskoi oblasti. [The influence of boron-containing fertilizers on the productivity of soybean grain in the conditions of the Forest Steppe of Zhytomyr region]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 134, 53–58 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.8>
 28. Fatieiev, A.I. & Pashchenko, Ya.V. (2003). Fonovy vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy. [Background content of trace elements in the soils of Ukraine]. Kharkiv: [in Ukrainian].
 29. Kolesnikov, M., Tymoshchuk, T., Moisiienko, V., Vyshnivskiy P. & Rudenko, Yu. (2024). Formation of the photoassimilation apparatus of pea (*Pisum sativum* L.) crops under biostimulants in arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 27 (4), 76–85 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.48077/scihor.4.2024.76>
 30. Novokhatskyi, M.L., & Bondarenko, A.L. (2018). Potreba soi v mikrodoobryvakh ta dotsilnist yikh zastosuvannia. [Soybean's need for microfertilizers and the feasibility of their use]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, 22 (36), 237–244 [in Ukrainian].
 31. Shevnikov, M.Ia. (2006). Vplyv mikroelementiv na produktyvnist soi. [The influence of trace elements on soybean productivity]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 21–24 [in Ukrainian].

Мазур О.В., Шкатула Д.Ю. Особливості мінерального живлення сої

Метою статті є аналіз особливостей сої до мінерального живлення, впливу системи удобрення на продуктивність культури в умовах зміни клімату.

Результати. Внесення мінеральних форм поживних речовин, особливо на бідних ґрунтах, є основним чинником підвищення врожаю та якості зерна сої. Розрахунок дози добрив під сою повинен ґрунтуватися на хімічному аналізі з визначенням вмісту поживних речовин в ґрунті, але не повинна бути меншою за внесення елементів живлення. Враховуючи біологічну здатність сої до споживання симбіотичного азоту та поглинання фосфору із важкодоступних сполук ґрунту, використання мінеральних добрив під сою є специфічним. Одних лише макроелементів недостатньо для реалізації потенційної врожайності сучасних сортів сої. Рослинам сої необхідні такі мікроелементи, як залізо (Fe), мідь (Cu), молібден (Mo), марганець (Mn), кобальт (Co), цинк (Zn), бор (B), сірка (S), які беруть участь у всіх фізіологічних процесах розвитку рослин, підвищують ефективність багатьох ферментів у рослинному організмі та покращують засвоєння рослинами елементів живлення із ґрунту. Позитивна дія мікродобрив проявляється на ґрунтах середньої і особливо, низької норми вмісту мікроелементів. Одним із важливих факторів, які впливають на утворення і розвиток кореневих бульбочок сої і їх азотфіксуючу активність, є мінеральний азот. Внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{60}K_{60}$) з проведенням інокуляції насіння сої сприятиме взаємодії мінерального азоту з природною популяцією бульбочкових бактерій, процесу фотосинтезу, що в подальшому реалізується

у підвищенні врожайності насіння сої. **Висновки.** Сучасна ефективна система удобрення сої має бути спрямована на збалансоване забезпечення макро і мікроелементами та створення оптимальних умов для проходження процесів азотфіксації. Проведення бактеризації насіння сої та внесення мінеральних добрив які містять макро і мікроелементи $N_{20-40} P_{20-40} K_{20-40}$ кг/га д.р. та N_{15} у підживлення у фазі бутонізації рослин сої сприяє ефективному росту і розвитку культурних рослин, підвищенню врожайності насіння сої.

Ключові слова: соя, мінеральні добрива, дози, макроелементи, мікроелементи, насіння, урожайність.

Mazur O.V., Shkatula D.Yu. Features of soy mineral nutrition

The **purpose** of the article is to analyze the features of soybeans for mineral nutrition, the impact of the fertilization system on crop productivity under conditions of climate change. **Results.** Application of mineral forms of nutrients, especially on poor soils are the main factor in increasing the yield and quality of soybeans. The calculation of the dose of soybean fertilizers should be based on chemical analysis with determination of the content of nutrients in the soil, but not should be less than the removal of power cells. Given the biological capacity of soybeans to consume symbiotic nitrogen and absorb phosphorus from hard-to-reach soil compounds, the use of mineral fertilizers for soy is specific. Macronutrients alone are not

enough to realize the potential yield of modern soybean varieties. Soybean plants need micronutrients such as iron (Fe), copper (Cu), molybdenum (Mo), manganese (Mn), cobalt (Co), zinc (Zn), boron (B), and sulfur (S), which are involved in all physiological processes of plant development, increase the efficiency of many enzymes in the plant organism, and improve the absorption of nutrients from the soil by plants. The positive effect of micronutrients is evident in soils with average and, especially, low micro-nutrient content. One of the important factors that affect the formation and development of soy root nodules and their nitrogen-fixing activity is mineral nitrogen. The application of mineral fertilizers ($N_{30} P_{60} K_{60}$) with the inoculation of soybean seeds will contribute to the interaction of mineral nitrogen with the natural population of nodule bacteria, a process of photosynthesis that is later implemented in increasing the yield of soybean seeds. **Conclusions.** A modern effective soybean fertilization system should be aimed at balanced provision of macro and microelements and creation of optimal conditions for nitrogen fixation processes. Bacterization of soybean seeds and application of mineral fertilizers containing macro and microelements $N_{20-40} P_{20-40} K_{20-40}$ kg/ha, etc. and N_{15} in feeding in the budding phase of soybean plants contributes to the effective growth and development of cultivated plants, increasing the yield of soybean seeds.

Key words: soy, mineral fertilizers, doses, macroelements, microelements, seeds, productivity.

Дата першого надходження статті до видання: 26.06.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ НАСІННЯ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

МАКСИМИШИН О.В. – здобувач ступеня доктора філософії

orcid.org/0009-0004-0296-0678

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН

КОБАК С.Я. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-8747-4537

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) належить до основних сільськогосподарських культур сьогодення. Високий вміст білка (35–50%) та жиру (13–26%), універсальність використання і стратегічне значення для продовольчої безпеки та сталого розвитку визначають її провідну роль у світовому аграрному виробництві. Завдяки поєднанню харчової, кормової, фармацевтичної, біотехнологічної та енергетичної цінності ця культура набула широкого поширення у світовому землеробстві, а постійне зростання чисельності населення та підвищений попит на рослинні джерела білку спонукають подальше збільшення її посівних площ, які щорічно перевищують 130 млн га [1].

Нині соя забезпечує близько 60% світового виробництва олій і понад 25% харчового та кормового сирового протеїну. Основними її виробниками залишаються США, Бразилія та Аргентина, які разом формують близько 80% світового валового збору соєвого зерна. Водночас упродовж останніх років відбувається зростання посівів сої у країнах Європи та Чорноморського регіону [2, 3]. Україна входить до десятки провідних світових виробників і є важливим експортером соєвого шроту та олії [4].

Зважаючи на інтенсивну інтеграцію України у світовий аграрний простір, зростаючі вимоги до якості та безпечності продукції, а також потребу в адаптації технологій вирощування до кліматичних викликів, комплексне вивчення дії та взаємодії чинників, що впливають на продуктивність сої, є надзвичайно актуальним і має як наукове, так і практичне значення [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах глобальних кліматичних змін, деградації ґрунтів та необхідності зниження залежності від мінеральних добрив вирощування сої набуває особливої актуальності, оскільки завдяки симбіотичній азотфіксації вона здатна збагачувати ґрунт біологічним азотом, підвищувати його родючість, покращувати фітосанітарний стан та забезпечувати екологічну стабільність агроєкосистем [6, 7]. Для України ця культура є не лише важливим джерелом рослинного білка й олії, але й потужним експортним продуктом, що забезпечує валютні надходження та зміцнює позиції держави на світовому ринку агропродукції [8].

Відомо, що вміст білка та олії контролюється полігенними комплексами, які не мають фенотипових маркерів алейного стану [9]. Їх експресія залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури [10].

Запасні білки утворюються з амінокислот та амідів, які надходять з листків та ступок бобів. Починаючи з фази цвітіння, у цих органах посилюються гідролітичні процеси та починається відтік утворених продуктів розпаду в репродуктивні органи. Значна кількість амінокислот та амідів потрапляє в насіння за рахунок симбіозу, коли азот фіксується з повітря та відновлюється до амонійної форми. Тому за високих доз азотних добрив, які негативно впливають на метаболізм рослин, спостерігається пригнічення синтезу білків, зокрема леггемоглобіну, фракція якого найбільша в дозрілому насінні сої за нормальних умов [11].

Слід відмітити, що нагромадження в насінні сої сирового протеїну та жиру залежить від багатьох агротехнічних прийомів та технологій вирощування в цілому. Важливе значення має сорт. За результатами досліджень Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН на основі проведеної агроєкологічної оцінки сортів сої як української так і зарубіжної селекції в умовах правобережного Лісостепу України відмічено, що комплексно максимальну врожайність насіння (більше 3,0 т/га) з масою 1000 насінин (більше 180 г) та вмістом сирового протеїну (більше 40%) забезпечили сорти Титан (3,05 т/га, 194 г, 42,6%), Кіото (3,29 т/га, 183 г, 42,3%) та Кобуко (3,19 т/га, 187 г, 41,3%). Також ці сорти забезпечили високу пластичність за вищевказаними показниками продуктивності. Крім цього у сорту Титан відмічені вищі показники вмісту амінокислот в насінні. Тому ці сорти рекомендуються аграрному виробництву для вирощування у насінницьких та товарних посівах, для годівлі сільськогосподарських тварин та птиці, а також як вихідний матеріал для використання в селекційному процесі [12].

Дослідження проведені в Науково-виробничого центрі Білоцерківського національного аграрного університету показали, що вміст сирового протеїну та жиру в насінні сої залежали від сортових особливостей, погодних умов року та не змінювалися під впливом за традиційного та органічного вирощування. Вміст сирового протеїну в насінні сої був у межах 39,8–42,5% та жиру – 20,1–21,7%. За рахунок вищої урожайності насіння сої за традиційної технології вирощування збір сирового протеїну становив 1,11–1,42 т/га та жиру – 0,57–0,72 т/га, що більше на 21,0–24,7 і 21,5–25,6%, ніж за органічного вирощування [13].



За результатами досліджень, які проведені в Уманському національному університеті садівництва виявлено, що вміст сирого протеїну в насінні сої різних сортів змінювався від 36,1 до 44,4%. Найвищі показники вмісту сирого протеїну в насінні сої відмічено у сортів Хана, Ленка та Аляска (43,4–44,4%). Вміст сирого протеїну істотно залежав від погодних умов року дослідження. У сортів сої Кофу, Сіберія, Вольта, Асука, Аріса, Хана, Ленка та Аляска, вирощених у посушливих умовах 2020 року цей показник на 10–19% вищий порівняно з 2019 роком. У насінні сортів сої Нордіка, Карра, Кіото, Езра, Амадеус і Таурус вміст протеїну на 4–10% нижчий. Вміст жиру в насінні сої змінюється від 18,9 до 21,7% залежно від сорту. Із 14 сортів сої вміст жиру $\leq 20,0\%$ був лише в трьох – Хана, Аляска, Аріса. У насінні решти сортів цей показник становить $\geq 20\%$. Посушливі погодні умови знижували вміст жиру в насінні на 7–20% залежно від сорту [14].

За результатами досліджень, які проведені в ЗВО «Подільський державний університет» з культурою сої, використання бактеризації насіння, обробка вегетуючих рослин препаратом Хетомік на тлі внесення зеленого добрива є агротехнічними прийомами, які підвищують врожайність насіння, вміст білку, жиру, кальцію, фосфору, БЕР та зменшенню нітратів. Відмічено, що вміст сирого білку в насінні збільшувався за бактеризації насіння штамом 614А до 34,2–34,8%. Дещо вищим він був за бактеризації насіння штамом 634Б (34,9%). Вміст жиру в насінні сої на варіантах бактеризації та внесення зеленого добрива дещо зменшився. Проте вміст жиру на тлі внесення зеленого добрива та бактеризації насіння збільшувався на 3,2–4,2%. За рахунок обробки рослин препаратом Хетомік вміст жиру в насінні збільшувався на 0,4–0,6%. У всіх варіантів з обробкою насіння штамми 634Б, 614А і М-8 відмічено збільшення збору кормових одиниць з 1 кг насіння сої на рівні 1,38–1,43 кг. Вміст сирого протеїну на контролі був на рівні 293,8 г на 1 кг насіння, тоді як на варіанті з обробкою насіння штамом 634Б і 614А зріс до 305,0–306,8 г [15].

Мета. Дослідити вплив від надранніх до пізніх строків сівби на формування та рівень вмісту сирого протеїну та жиру в насінні сортів сої різних за групою стиглості сортів.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводились в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН на дослідному полі лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур впродовж 2024–2025 рр. Схемою дослідження передбачалося вивчення дії та взаємодії двох чинників: А – сорт: Амбелла (ТОВ «Заатбау Пробстдорфер Україна», занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2020 році; група стиглості – ультра ранньостиглий); Титан (Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2021 році; група стиглості – середньоранньостиглий); Палладор (ТОВ «Євраліс Семенс Україна», занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2019 році; група стиглості – середньостиглий); Б – строк сівби:

20 квітня, 25 квітня, 30 квітня, 5 травня, 10 травня, 15 травня та 20 травня.

Градація факторів становила 3х7. Повторність дослідження чотириразова. Розміщення варіантів систематичне. Площа облікової ділянки 25 м².

За контроль був прийнятий варіант – строк сівби сої 30 квітня.

В умовах 2024 року провести закладку дослідження в повній мірі не вдалось, через надмірну кількість опадів (120,1 мм) у третій декаді квітня. Перший строк сівби згідно схеми дослідження був проведений 30 квітня. У 2025 році було проведено всі строки сівби згідно схеми дослідження.

Ґрунти дослідного поля представлені сірими лісовими середньосуглинковими ґрунтами на лесі, які характеризувались вмістом гумусу в орному шарі складав 1,96%, рН (сол.) – 5,1, вмістом азоту, що легко гідролізується – 16,8 мг/кг ґрунту, вмістом рухомого фосфору – 159,0 мг/кг ґрунту та рухомого калію – 107,0 мг/кг ґрунту.

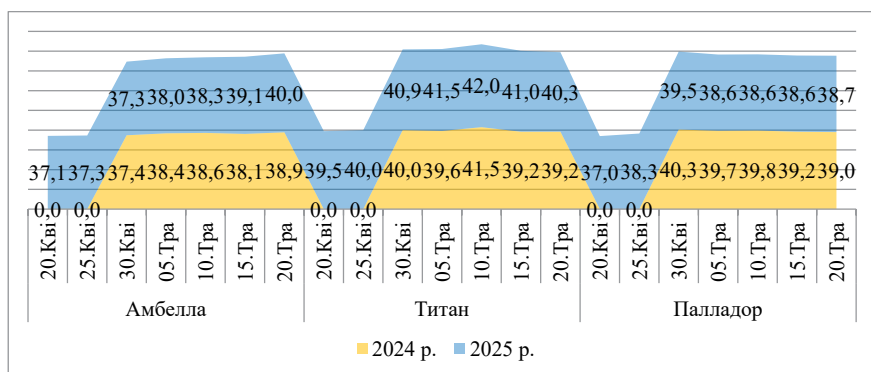
Визначення якісних показників в насінні сої проводили в атестованій лабораторії моніторингу якості, безпеки кормів і сировини Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН (свідчення про атестацію № 0049/2023) за такими ДСТУ: методи відбору проб – ДСТУ 4601:2006 [16]; визначення вологості – висушуванням повітряно-сухої наважки до постійної маси в сушильній шафі за температури +105 °С – ДСТУ ISO 6496:2005 [17]; визначення сирого протеїну проводилося за методом К'ельдаля – ДСТУ 7169:2010 [18]; визначення жиру в апаратах Сокслета методом екстракції – ДСТУ 7577:2014 [19].

Результати досліджень. Відмічено, що вміст сирого протеїну, у середньому за 2024–2025 рр. в насінні сої сортів Амбелла, Титан та Палладор залежно від строку сівби змінювався від 37,4 до 41,8% та був на досить високому рівні, що відповідає нормам ДСТУ 4230:2003 [20] для виготовлення соєвого шроту відповідної якості (табл. 1).

За роками досліджень цей показник також був на високому рівні та відповідав нормам ДСТУ 4230:2003 й становив у 2024 році – від 37,4 до 41,5%, у 2025 році – від 37,1 до 42,0% (рис. 1).

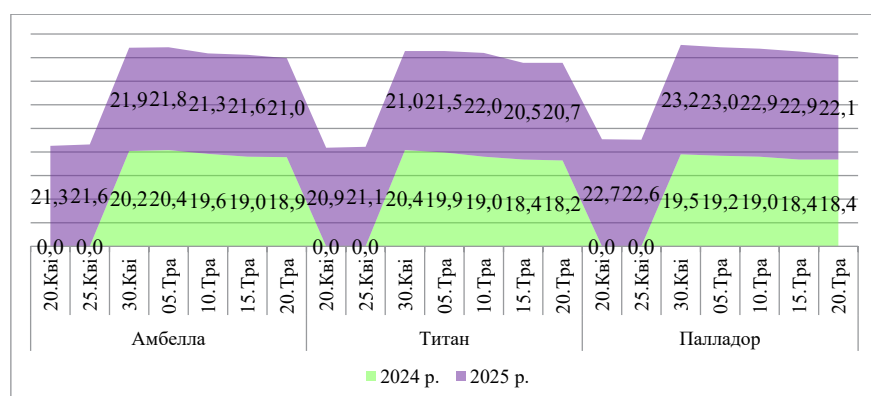
Відмічено, що генетичний потенціал сорту суттєво впливав на рівень вмісту сирого протеїну в насінні сої. У середньому, незалежно від строку сівби, середній показник сирого протеїну в насінні сої сорту Амбелла він становив 38,4%, у сорту Титан – 40,6%, у сорту Палладор – 39,1%.

Щодо вмісту жиру в насінні сортів сої, що досліджувались відмічено несуттєву різницю. В середньому за роки досліджень, незалежно від строку сівби, цей показник у сорту Амбелла був на рівні 20,6%, у сорту Титан – на рівні 20,1%, у сорту Палладор – на рівні 20,9%. Більш суттєва різниця виявлена за роками досліджень. Різниця у сорту Амбелла становила 1,9%, у сорту Титан – 2,3%, у сорту Палладор – 3,9%. Щодо вмісту сирого протеїну, то ця різниця була меншою і становила, відповідно, 0,1%, 0,8% та 1,1%. Це говорить про те, що ознака сирого протеїну у цих сортів сої більш стабільна.



$HIP_{05},\%$ 2024 р. А (сорт) = 0,18; Б (строк сівби) = 0,23; АБ = 0,17;
 2025 р. А (сорт) = 0,18; Б (строк сівби) = 0,28; АБ = 0,19

Рис. 1. Вплив строку сівби на вміст сирого протеїну в насінні сої, %



$HIP_{05},\%$ 2024 р. А (сорт) = 0,07; Б (строк сівби) = 0,09; АБ = 0,07;
 2025 р. А (сорт) = 0,20; Б (строк сівби) = 0,30; АБ = 0,19

Рис. 2. Вплив строку сівби на вміст жиру в насінні сої, %

Слід відмітити, певну закономірність: у сорту Титан у порівнянні із іншими сортами, що були поставлені на вивчення відмічено, у середньому, найбільший вміст сирого протеїну, проте найменший вміст жиру; у сортів Амбелла та Палладор показники вмісту сирого протеїну були меншими, тоді як вміст жиру був більшим.

Строк сівби також мав вплив на формування показників якості насіння у сортів сої, що досліджувались. Максимальний вміст сирого протеїну (39,3%), у середньому за два роки досліджень, в ультраранньостиглого сорту Амбелла сформувався за сівби у пізні строки сівби, що припадали на 20 травня. Сівба цього сорту у попередні строки зменшувала рівень цього показника на 0,7–1,9%. Аналогічна залежність спостерігалась і за роками досліджень. Більший вміст сирого протеїну відмічений у пізні строки сівби, що більше на у 2024 році 0,3–1,5%, у 2025 році – на 0,9–2,9%.

Слід відмітити, що у сорту Амбелла формування жиру в насінні залежно від строку сівби мало обернений характер. Максимальні показники відмічені за сівби у ранні строки, що у середньому за роки досліджень, 21,1% за сівби 30 квітня та 05 травня, так і за роками досліджень у 2024 році – 20,2–20,4%, у 2025 році – 21,8–21,9%. Сівба у пізні строки зменшувала вміст жиру в насінні сої

цього сорту у 2024 році на 0,8–1,5%, у 2025 році – на 0,3–0,9%, у середньому за 2024–2025 рр. – на 0,3–1,1% (рис. 2).

Результати кореляційного аналізу підтверджують сильний обернено пропорційний зв'язок між вмістом сирого протеїну та жиру в насінні сої сорту Амбелла ($r = -0,897$).

У середньоранньостиглого сорту Титан, у середньому за 2024–2025 рр., максимальний вміст сирого протеїну в насіння (41,8%) відмічений за сівби 10 травня, що більше на 1,2–1,3% за ранні строки сівби та на 1,7–2,0% за пізні. Аналогічна залежність відмічена і за роками досліджень. Різниця у 2024 році становила, відповідно, 1,5–1,9% та 2,3%, у 2025 році – 0,5–2,5 та 1,0–1,7%.

Зниження показника жиру в насінні сої сорту Титан відбувалось від раннього до пізнього строку сівби, як за роками досліджень, так і у середньому за 2024–2025 рр. Максимальний вміст жиру в насіння сої сорту Титан у 2024 році (20,4%), у 2025 році (22,0%) та у середньому за ці роки (20,7%) відмічено за сівби від 30 квітня до 10 травня. Сівба у пізніші строки призвела до зменшення вмісту жиру, відповідно, на 0,5–2,2%, на 1,3–1,5%, на 0,2–1,2%.

Таблиця 1

Вміст сирого протеїну та жиру в насінні сої залежно від строку сівби, т/га
(у середньому за 2024–2025 рр.), $M \pm m^*$

Сорт (А)	Строк сівби (Б)	Вміст сирого протеїну, %	Вміст жиру, %
Амбелла	20.04	–	–
	25.04	–	–
	30.04	37,4±0,1*	21,1±0,9
	5.05	38,2±0,2	21,1±0,7
	10.05	38,5±0,2	20,5±0,9
	15.05	38,6±0,5	20,3±1,3
	20.05	39,5±0,6	20,0±1,1
Титан	20.04	–	–
	25.04	–	–
	30.04	40,5±0,4	20,7±0,3
	5.05	40,6±0,9	20,5±0,8
	10.05	41,8±0,3	20,5±1,5
	15.05	40,1±0,9	19,5±1,1
	20.05	39,8±0,5	19,5±1,3
Палладор	20.04	–	–
	25.04	–	–
	30.04	39,7±0,4	21,4±1,9
	5.05	39,2±0,6	21,1±1,9
	10.05	38,8±0,6	21,0±2,0
	15.05	38,9±0,3	20,7±2,3
	20.05	38,9±0,1	20,3±1,9
НІР ₀₅ , %		A = 0,31; Б = 0,40; АБ = 0,44	A = 0,55; Б = 0,72; АБ = 0,79

$M \pm m^*$ – довірчий інтервал на 5% рівні значимості

За результатами кореляційного аналізу встановлено позитивний зв'язок середньої сили між вмістом сирого протеїну та жиру в насінні сої сорту Титан ($r = 0,670$).

Слід відмітити, що у середньостиглого сорту Палладор також між вмістом сирого протеїну та жиру в насінні встановлено сильний позитивний зв'язок ($r = 0,732$).

У середньому за роки досліджень, максимальний вміст сирого протеїну (39,7%) та жиру (21,4%) в насінні цього сорту сформувався за сівби 30 квітня, що більше на 0,5–0,9% та 0,3–1,1% порівняно із іншими варіантами строків сівби (табл. 1).

Аналогічна тенденція відмічена і за роками досліджень. У 2024 та 2025 роках найбільший вміст сирого протеїну (40,3 та 39,5%) та жиру (19,5 та 23,2%) в насінні сорту Палладор відмічений за сівби 30 квітня. Сівба цього сорту до або після 30 квітня призводила до зниження цих показників.

Висновки. Отже, в умовах Лісостепу правобережного на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах на лесі, у середньому за 2024–2025 рр., максимальний вміст сирого протеїну у сортів: Амбелла (39,5%) одержано за сівби у пізній строк 20 травня; у сорту Титан (41,8%) – за сівби 10 травня; у сорту Палладор (39,7%) – за сівби 30 квітня. Максимальний вміст жиру у вищезгаданих сортів, відповідно, 21,1, 20,7 та 21,4% одержано за сівби 30 квітня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Messina M. Perspective: Soybeans Can Help Address the Caloric and Protein Needs of a Growing Global

Population. *Frontiers in Nutrition*. 2022. 9. 909464. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.909464>

- Duan Z., Li Q., Wang H., He X., Zhang M. Genetic regulatory networks of soybean seed size, oil and protein contents. *Front. Plant Sci.* 2023. 14. 1160418. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1160418>
- Мізерник Д. В. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі і Україні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. № 76 (1). С. 36–47. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-4)
- Дідур І. М., Голованюк А. Б. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 193–193. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30.27>
- Halkin V. The Role of Ukraine in Ensuring Global Food Security: Current Challenges and Prospects. *Grassroots Journal of Natural Resources*. 2024. 7(3). P. 396–419. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr20>
- Petrychenko V., Korniychuk O., Voronets I. Biological farming in conditions of transformational changes in the agrarian production of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2018. 5(2). P. 3–12. <https://doi.org/10.15407/agrisp5.02.003>
- Tkachuk O., Pansyryeva H., Kupchuk I., Volynets Y. Soybean productivity in the Forest-Steppe of Ukraine under ecologization of cultivation technology. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. 25(5). P. 279–293. <https://doi.org/10.12911/22998993/186494>
- Триус В. О. Агроекономічні перспективи вирощування сої в Україні. *Зрошуване землеробство*. 2025. № 83. С. 47–52. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2025.83.6>

9. Kaizuma N. Fundamental studies on soybean (*Glycine max*.L.) seed protein improvement. *JARQ*. 1979. V. 13, № 4. P. 230-233
10. Erickson L.R., Beversdorf W.D., Ball S.T. Genotype: environment interactions for protein in *Glycine max* x *Glycine soja* crosses. *Crop Sci*. 1982. V. 22, № 6. P. 1099-1101.
11. Чорнолата Л. П., Лихач С. М. Білок та небілкові азотвмісні речовини. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум: доповіді учасників Міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 01-02 черв. 2023 р. Миколаїв, 2023. С. 185-188.*
12. Petrychenko V., Kobak S., Kolisnyk S., Chorna V., Korniychuk O., Pansyrev O. Agroecological Assessment of Soybean Varieties in the Conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. № 25. С. 60-69. <https://doi.org/10.12911/22998993/190492>
13. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Грабовська Т. О., Лозінський М. В., Козак Л. А. Порівняльна оцінка урожайності та якісних показників сортів сої за традиційної та органічної технології вирощування. *Зернові культури*. Т. 7. № 1. 2023. С. 113-122. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0266>
14. Любич В., Войтовська В., Третякова С., Климович Н. Технологічне оцінювання якості насіння сої залежно від сорту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 32-37 <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-32-37>
15. Крижанівський М. В., Бахмат О. М. Продуктивність сої залежно від застосування органічних добрив, інокуляції насіння та регуляторів росту рослин. *Подільський вісник: сільське господарство, інженерія, економіка*. 2023. № 37. С. 26-31. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-4>
16. ДСТУ 4601:2006. Насіння олійних культур. Методи відбирання проб. [Чинний від 2007-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 11 с.
17. ДСТУ ISO 6496:2005. Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин (ISO 6496:1999, IDT). [Чинний від 2006-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 6 с.
18. ДСТУ 7169:2010. Корми, комбікорми, комбікормова сировина. Методи визначання вмісту азоту і сирового протеїну [Чинний від 2011-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 18 с.
19. ДСТУ 7577:2014. Насіння олійне. Визначання вмісту олії методом екстракції в апараті Сокслета. [Чинний від 2015-07-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 12 с.
20. ДСТУ 4230:2003. Шрот соєвий кормовий. Загальні технічні умови. [Чинний від 2004-10-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
21. Mizernyk, D. V. (2024). Suchasnyi stan ta perspektyvy vyroshchuvannya soi v sviti i Ukraini. [Current state and prospects of soybean cultivation globally and in Ukraine] *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 76(1). 36-47. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-4) [in Ukrainian]
22. Didur, I. M., Holovaniuk, A. B. (2025). Stan ta perspektyvy vyrobnystva soi v Ukraini. [Current state and prospects of soybean production in Ukraine] *Ahrarni innovatsii*. 30. 193-193 <https://doi.org/10.32848/ahar.innov.2025.30.27> [in Ukrainian]
23. Halkin, V. (2024). The Role of Ukraine in Ensuring Global Food Security: Current Challenges and Prospects. *Grassroots Journal of Natural Resources*. 7(3). 396-419. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr20>
24. Petrychenko, V., Korniychuk, O. & Voronetska, I. (2018). Biological farming in conditions of transformational changes in the agrarian production of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 5(2). 3-12. <https://doi.org/10.15407/agrisp5.02.003>
25. Tkachuk, O., Pansyrev, H., Kupchuk, I. & Volynets, Y. (2024). Soybean productivity in the Forest-Steppe of Ukraine under ecologization of cultivation technology. *Journal of Ecological Engineering*. 25(5). 279-293 <https://doi.org/10.12911/22998993/186494>
26. Tryus, V. O. (2025). Ahroekonomichni perspektyvy vyroshchuvannya soi v Ukraini. [Agro-economic prospects for soybean cultivation in Ukraine] *Zroshuvane zemlerobstvo*. 83. 47-52. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2025.83.6> [in Ukrainian]
27. Kaizuma, N. (1979). Fundamental studies on soybean (*Glycine max*.L.) seed protein improvement. *JARQ*. 13(4). 230-233
28. Erickson, L. R., Beversdorf, W. D., & Ball S. T. (1982). Genotype: environment interactions for protein in *Glycine max* x *Glycine soja* crosses. *Crop Sci*. 22(6). 1099-1101.
29. Chornolata, L. P., Lykhach, S. M. (2023). Bilok ta nebilkovi azotovmisni rehovyny [Protein and non-protein nitrogen-containing substances]. U V. S. Shebanin (Red.), *Prodovolcha bezpeka Ukrainy v umovakh viiny i pisliavoiennoho vidnovlennia: hlobalni ta natsionalni vymiry*. Mizhnarodnyi forum (p.185-188). Mykolaivskiy natsionalnyi ahrarniy universytet. [in Ukrainian]
30. Petrychenko, V., Kobak, S., Kolisnyk, S., Chorna, V., Korniychuk, O. & Pansyrev, O. (2024). Agroecological Assessment of Soybean Varieties in the Conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 25. 60-69. <https://doi.org/10.12911/22998993/190492>
31. Hrabovskyi, M. B., Fedoruk, Yu. V., Hrabovska, T. O., Lozinskyi, M. V. & Kozak L. A. (2023). Porivnialna otsinka urozhainosti ta yakisnykh pokaznykiv sortiv soi za tradytsiinoi ta orhanichnoi tekhnologii vyroshchuvannya. [Comparative assessment of yield and quality indicators of soybean varieties under conventional and organic cultivation technologies]. *Zernovi kultury*. 7(1) 113-122 <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0266> [in Ukrainian]
32. Liubych, V., Voitovska, V., Tretiakova, S. & Klymovych, N. (2020). Tekhnolohichne otsiniuvannya yakosti nasinnia soi zalezno vid sortu. [Technological assessment of soybean seed quality depending on the variety]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2. 32-37 <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-32-37> [in Ukrainian]

REFERENCES:

1. Messina, M. (2022). Perspective: Soybeans Can Help Address the Caloric and Protein Needs of a Growing Global Population. *Frontiers in Nutrition*. 9. 909464. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.909464>
2. Duan, Z., Li, Q., Wang, H., He, X., & Zhang, M. (2023). Genetic regulatory networks of soybean seed size, oil and protein contents. *Front. Plant Sci*. 14. 1160418. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1160418>

15. Kryzhanivskiy, M. V., Bakhmat, O. M. (2023). Produktivnist soi zalezno vid zastosuvannya orhanchnykh dobyrv, inokulatsii nasinnia ta rehulatoriv rostu roslyn. [Soybean productivity as influenced by the application of organic fertilizers, seed inoculation, and plant growth regulators]. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, inzheneriia, ekonomika. 37. 26–31. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-4> [in Ukrainian]
16. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2007). *Nasinnia oliinykh kultur. Metody vidbyrannia prob* [Oilseeds. Sampling methods] (DSTU 4601:2006). [in Ukrainian]
17. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2006). *Vyznachennia vmistu volohy ta inshykh letkykh rechovyn* [Animal feeding stuffs. Determination of moisture and other volatile matter content] (DSTU ISO 6496:2005). *Kormy dlia tvaryn*. (ISO 6496:1999, IDT). [in Ukrainian]
18. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2011). *Kormy, kombikormy, kombikormova syrovyna. Metody vyznachennia vmistu azotu i syroho proteinu* [Animal feeding stuffs, compound feeds, and raw materials for compound feeds. Methods for the determination of nitrogen and crude protein content] (DSTU 7169:2010). [in Ukrainian]
19. Minekonomrozvytku Ukrainy. (2015). *Nasinnia oliine. Vyznachennia vmistu olii metodom ekstraktsii v aparati Soksleta* [Oilseeds. Determination of oil content by extraction using a Soxhlet apparatus] (DSTU 7577:2014). [in Ukrainian]
20. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2005). *Shrot soievyi kormovy. Zahalni tekhnichni umovy* [Soybean meal for animal feed. General specifications] (DSTU 4230:2003). [in Ukrainian]

Максимишин О.В., Кобак С.Я. Вплив строків сівби на формування якості насіння сої в умовах Лісостепу Правобережного

Мета. Дослідити вплив від надранніх до пізніх строків сівби на формування та рівень вмісту сирого протеїну та жиру в насінні сортів сої різних за групою стиглості сортів. **Методи.** Системний метод, визначення вмісту сирого протеїну за методом К'ельдаля (ДСТУ 7169:2010), визначення жиру в апаратах Сокслета методом екстракції (ДСТУ 7577:2014), математично-статистичний метод. **Результати.** Виявлено, що строк сівби від 20 квітня до 20 травня з інтервалом 5 днів впливав на формування та рівень показників якості насіння, зокрема вмісту сирого протеїну та жиру в насінні сортів сої Амбелла (ультра-ранньостиглий), Титан (середньоранньостиглий) та Палладор (середньостиглий). Впродовж 2024–2025 рр. найвищі показники вмісту сирого протеїну (39–40%) у сорту Амбелла сформувалися за сівби у пізні строки, які припадали на 15–20 травня, тоді як жиру (21,9%) – за сівби від 20 квітня до 05 травня; у сорту Титан найвищі показники вмісту сирого протеїну (40–42%) та жиру (21–22%) формувалися за сівби включно до 10 травня; у сорту Палладор найвищі показники вмісту сирого протеїну (39–40%) та жиру (22–23%) формувалися за сівби включно до 05 травня. Сівба цих сортів раніше або пізніше вище вказаних строків призводила до зменшення показників якості насіння. Відмічено,

що генетичний потенціал сорту також мав велике значення у формуванні якості насіння. Виявлено, що сорт Титан переважав інші сорти, що вивчалися за вмістом сирого протеїну, тоді як сорт Палладор – за вмістом жиру. **Висновки.** Таким чином, формування показників якості насіння сої сортів Амбелла, Титан та Палладор залежали від строку сівби та їх генетичного потенціалу. Оптимальними, для формування найвищих показників вмісту сирого протеїну та жиру в насінні сої сортів Титан та Палладор були більш ранні строки (від 20 квітня до 10 травня). Проте у сорту Амбелла оптимальним строком сівби для формування максимального показника вмісту сирого протеїну був пізній строк (15–20 травня), а жиру – ранній.

Ключові слова: соя, сорт, група стиглості, строк сівби, вміст сирого протеїну в насінні, вміст жиру в насінні.

Maksymyshyn O.V., Kobak S.Ya. The influence of sowing dates on the formation of soybean seed quality in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe

Purpose. To investigate the effect of very early to late sowing dates on the formation and level of crude protein and fat content in the seeds of soybean varieties of different maturity groups. **Methods.** Systematic method, determination of crude protein content by the Kjeldahl method (DSTU 7169:2010), determination of fat in Soxhlet apparatuses by extraction method (DSTU 7577:2014), mathematical and statistical method. **Results.** It was found that the sowing period from April 20 to May 20 with an interval of 5 days influenced the formation and level of seed quality indicators, in particular the content of crude protein and fat in the seeds of soybean varieties Ambella (ultra-early ripe), Titan (medium-early ripe) and Pallador (medium-ripe). During 2024–2025, the highest crude protein content (39–40%) in the Ambella variety was formed during late sowings, which fell on May 15–20, while fat (21.9%) was formed during sowings from April 20 to May 05; in the Titan variety, the highest crude protein content (40–42%) and fat (21–22%) were formed during sowings up to and including May 10; in the Pallador variety, the highest crude protein content (39–40%) and fat (22–23%) were formed during sowings up to and including May 05. Sowing these varieties earlier or later than the above-mentioned dates led to a decrease in seed quality indicators. It was noted that the genetic potential of the variety also played a major role in shaping seed quality. It was found that the Titan variety prevailed over other varieties studied in terms of crude protein content, while the Pallador variety prevailed in terms of fat content. **Conclusions.** Thus, the formation of quality indicators of soybean seeds of the varieties Ambella, Titan and Pallador depended on the sowing date and their genetic potential. The optimal dates for the formation of the highest crude protein and fat content in soybean seeds of the varieties Titan and Pallador were earlier dates (from April 20 to May 10). However, in the variety Ambella, the optimal sowing date for the formation of the maximum crude protein content was late (May 15–20), and for fat – early.

Key words: soybean, variety, maturity group, sowing date, crude protein content in seeds, fat content in seeds.

Дата першого надходження статті до видання: 16.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ТЕНДЕНЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СОЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Оніпко В.В. – доктор педагогічних наук, професор

orcid.org/0000-0002-2260-971X

Полтавський державний аграрний університет

Маломижев А.С. – аспірант

orcid.org/0009-0002-3341-1730

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Соя – головна зернобобова культура світового землеробства в XXI столітті і перебуває у центрі уваги світової аграрної науки і виробництва [1, 2, 3]. Однією з нагальних потреб аграрної галузі є забезпечення зростання виробництва рослинницької продукції, у тому числі зерна зернобобових культур, а саме сої, як невичерпного джерела білків рослинного походження [1, 4, 5]. Поліпшення продуктивності сільського господарства є важливим для досягнення глобальної продовольчої безпеки, враховуючи проблеми зростання населення, невідповідності клімату, екологічного стресу та деградації земель, а також розширення земель, що використовуються для виробництва непродовольчих (енергетичних) ресурсів [6, 7, 8]. Реалізовані врожаї на рівні ферм є результатом складного процесу, який включає генетичне вдосконалення сортів рослин, їх взаємодію з багатьма факторами навколишнього природного середовища та постійне вдосконалення аграрної практики і рішень фермерів, зумовлених ринковими умовами. Інтенсифікація виробництва насіння сої повинна стати одним із стратегічних напрямків прискореного розвитку всього агропромислового комплексу України [9]. Для цього необхідно зосередити увагу на створенні високопродуктивних сортів сої різних груп стиглості з уточненням зони стабільного виробництва, оптимізації структури посівних площ провідних сільськогосподарських культур, розробці та впровадженню наукоємних, інноваційних технологій їх вирощування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Низка українських науковців: Бабич А.О., Бербенець О.В., Жуйков О.Г., Іванів М.О., Марченко Т.Ю., Возняк В.В. приурочили дослідження проблемам світового виробництва сої та її значення [9, 10, 11].

Останнім часом розширилася географія вирощування сої, кількість країн, що її культивують, значно збільшилися посівні площі, що відводяться під цю культуру. У багатьох країнах соя займає від 18 до 50 % посівних площ [12, 13].

За даними науково-дослідного інституту органічного виробництва FiBL у 2020 р. сою вирощували для виробництва органічної продукції на 0,25 млн. га, що становить 29 % від загальної площі органічно вирощених олійних культур у всьому світі [14]. При цьому соя, вирощена згідно органічних стандартів, становить менше

0,1 % від загального світового виробництва цієї культури. Останнім часом у світі спостерігається поступове зростання виробництва органічно вирощеної сої [15].

Соя – стратегічна зернобобова культура світового землеробства, що перебуває в центрі уваги світової аграрної науки і виробництва. За останні 10 років її посівні площі у світі збільшилися з 121 до 144 млн. га. За рахунок впровадження нових сортів та розширення зони вирощування відмічено зростання врожайності з 2,29 до 2,56 т/га. В цілому за рахунок збільшення посівних площ та підвищення врожайності збільшилось виробництво з 315 до 427 млн. т. Збільшення світового виробництва сої, що є показником світового білка, є критично важливим викликом. Глобальна зміна клімату та частіші випадки екстремальних погодних умов роблять цей виклик ще складнішим. Ідентифікація та аналіз ключових генів, біохімічних шляхів та регуляторних мереж, що відповідають за важливі сільськогосподарські ознаки, дозволять відкрити нові генетичні мішені для покращення ознак та пришвидшать ефективність і точність молекулярної селекції, сприяючи підвищенню виробництва сої. Досягнення цієї мети значною мірою залежить від розвитку нових технологій [16, 17, 18]. На даний час сою вирощують у 91 країні світу. За обсягами виробництва вона займає четверте місце у світі після кукурудзи, пшениці й рису [19]. У світі ресурси рослинного білка з урожаєм сої надходять близько 100 млн. т. За обсягами виробництва олії соя займає перше місце у світі серед олійних культур. Посіви сої біологічно фіксують 155–198 кг/га азоту. Завдяки цьому соя на 65–80 % забезпечує свою потребу в азотному живленні та значну частину його залишає в ґрунті, тому є одним із кращих попередників у сівозміні для інших культур [10, 11]. Основне виробництво культури сої в Україні розміщено в соєвому поясі, до якого входить зона Лісостепу, яка включає дев'ять адміністративних областей. Нині в зоні Лісостепу було розміщено 64,5 % посівів сої, Степу 25,1 %, на Поліссі – 10,4 % [10, 20, 21].

Мета статті – за допомогою обробки статистичних даних обґрунтування та аналізу сучасного стану світового виробництва сої, можливості вирощування сої в Україні та світі. Згідно аналізу літературних джерел визначення лідерів і місця України серед виробників сої. Дослідження урожайності, посівних площ та валових зборів сої це украй необхідні та досить важливі задачі,



вирішення яких буде значним вкладом у зміцнення національної економіки.

Завдання дослідження:

- визначити забезпеченість рослинним білком харчової промисловості та галузі тваринництва;
- проаналізувати формування національних білкових ресурсів;
- оцінити вплив виробництва сої на економічний потенціал України.

Матеріали та методика досліджень. Враховуючи літературні дані, статистичні звіти Державної служби статистики України, Міністерства сільського господарства США проведено аналіз урожайності, посівних площ та валових зборів сої як в Україні так і у світі. Обчислення даних виконано з використанням сучасних ліцензійних комп'ютерних програм. Авторами також використано матеріал власних досліджень.

Результати досліджень. Сою спочатку культивували в XI столітті в Китаї [22], поступово вона інтродуктувалася в інші країни, щоб згодом стати однією з головних культур у Сполучених Штатах, Бразилії, Аргентині, Індії та Корей. У Європу соя потрапила у 1700 році, вже тоді цю рослину визнали унікальною. В Україну соя була завезена з Китаю у XIX сторіччі і спочатку культивувалась у наукових цілях. Вирощування сої в Україні було започатковано у 1877 р. агрономом І. Г. Подобою на території теперішньої Запорізької області. У 1932 році частка посівної площі України становила 150 тис. га.

Враховуючи її високу прибутковість для аграрного сектору, економічну привабливість та універсальність

у використанні, ця культура з початку 2000-х років почала набирати велику популярність у вітчизняних агровиробників [23].

Стійкі позиції сої як продовольчої і кормової культури на зовнішньому аграрному ринку продовжують зберігатися, а потреба щорічно зростає. Основними країнами-виробниками цієї культури є Бразилія, США та Аргентина, частка яких у загальному світовому виробництві становить понад 80 %. За останні 10 років посівні площі в Україні не мають істотного коливання. Відмічено лише не значне коливання площ, що відведено під сою у 2020–2022 роках (табл. 1).

За даними досліджень посівні площі в Україні за останні два роки залишаються практично незмінними і коливаються в межах двох млн. га. Посівні площі у світовому масштабі щорічно збільшують. За останнє десятиліття збільшення відбулося на 17 % або 23,5 млн. га. Згідно даних Міністерства сільського господарства США загальна площа під соєю у 2025 році становила 144,2 млн. га [24]. Основні лідери із посівних площ займають 121,1 млн. га, що становить 84 % усіх посівних площ у світі (рис. 1).

Україна посідає 9-е місце у світовому рейтингу, маючи посівні площі в межах 2,08 млн. га, що становить 1,44 % від світових.

За даними вітчизняних авторів урожайність сої значно залежить від кліматичних умов, регіону і технології вирощування та сортових особливостей [25, 26]. Урожайність сої в Україні в останні 11 років коливається в межах 21,2 ц/га. Найбільшу урожайність відмічено

Таблиця 1

Динаміка посівних площ під соєю в Україні та світі, млн. га

Країна	Роки										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Україна	2,135	1,859	1,982	1,729	1,613	1,364	1,28	1,538	1,780	2,032	2,08
Світ	120,7	120,1	124,9	125,4	123,1	128,6	131,4	136,8	139,4	136,9	144,2

Джерело: сформовано автором на основі [24]

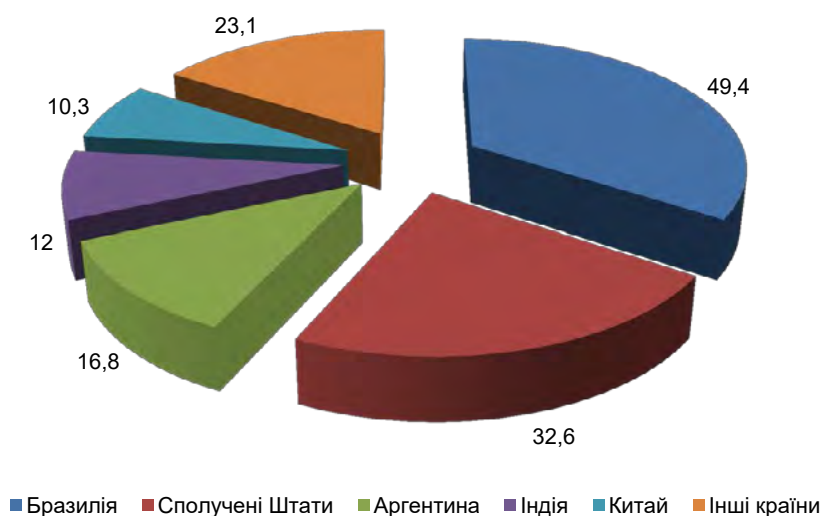


Рис. 1. Річна площа посівів сої зібрана у 2025 році, млн. га

Джерело: сформовано автором на основі [24]

Таблиця 2

Урожайність сої в Україні та світі, ц/га

Країна	Роки											$\bar{X}$
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Україна	18,4	2,3	19,7	25,8	22,9	20,5	26,4	24,3	26,0	23,0	23,7	21,2
Світ	22,9	25,4	23,2	24,8	24,4	24,6	22,8	23,1	25,5	25,2	25,6	24,3

Джерело: сформовано автором на основі [24, 27]

Таблиця 3

Тенденція виробництва сої в Україні та світі, млн. т

Країна	Роки										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Україна	3,9	4,3	3,9	4,5	3,7	2,8	3,5	3,4	4,7	6,0	4,9
Світ	315,4	350,8	343,6	363,4	341,7	369,6	360,5	378,3	396,9	420,8	426,8

Джерело: сформовано автором на основі [24]

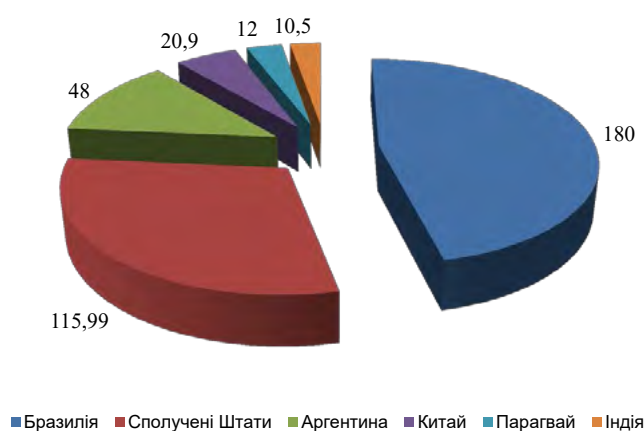


Рис. 2. Валові збори сої країнами-лідерами у 2025 році, млн. т

Джерело: сформовано автором на основі [24]

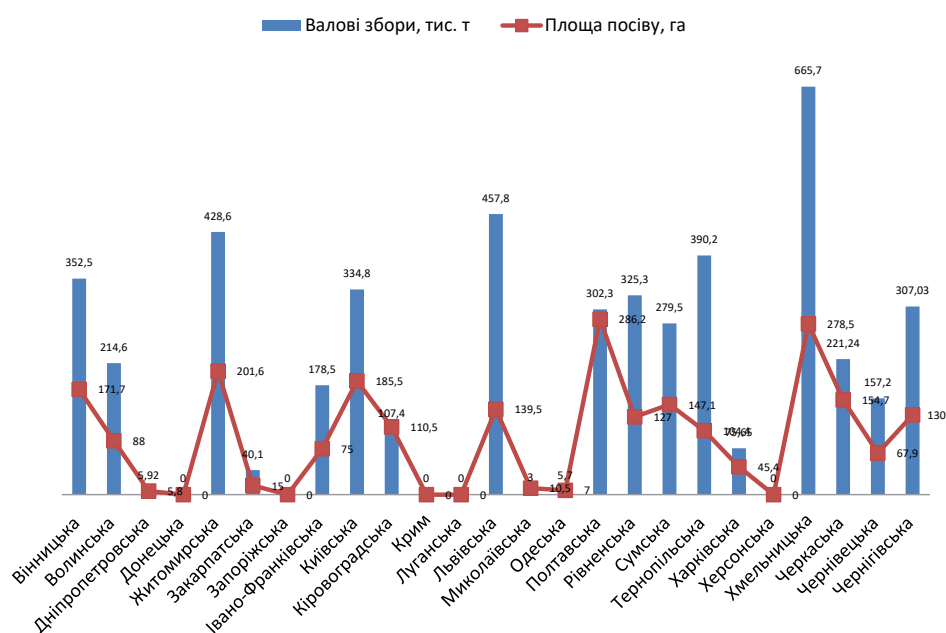


Рис. 3. Валові збори та посівні площі сої по областях України за 2025 рік

Джерело: сформовано автором на основі [28]

у 2021 році на рівні 26,4 ц/га, а найменшу у 2015 році – 18,4 ц/га (табл. 2).

Лідером з урожайності у 2025 р. стала Туреччина 3,9 т/га; Бразилія – 3,6 т/га; США – 3,5 т/га; Парагвай – 3,2 т/га та Аргентина – 2,9 т/га. В Україні урожайність сої у 2025 р. становила 2,4 т/га. [24]. Валові збори сої в середньому по Україні становлять близько 4 млн. т (табл. 3). У світі в 2025 році зібрано близько 427 млн. т сої.

Лідерами з виробництва сої у світі є Бразилія (зібрано 180 млн. т), США – 115,99 млн. т та Аргентина з 48,0 млн. т (рис. 2).

Найбільші посівні площі сої в Україні розміщено у Полтавській (302,3 тис. га), Хмельницькій (278,5 тис. га) та Житомирській областях з площею посіву 201,6 тис. га (рис. 3). За валовими зборами лідирує Хмельницька обл. (зібрано 665,7 тис. т), на другому місці розмістилась Львівська обл. (зібрано 457,8 тис. т) трійку кращих замикає Житомирська обл. з валовими зборами на рівні 428,6 тис. т. [27, 28].

У виробництві сої в Україні за останні роки спостерігаються певні коливання – переважно через так звані «соеві правки», які гальмують експорт, попит та вартість цієї продукції. Але незважаючи на це соя залишається однією з основних сільськогосподарських культур, а й завдяки своїй корисливості у сівозміні [29].

Сою можна висівати на досить великих територіях соєвого поясу, цим самим збільшивши її площу до 4 млн. га а виробництво – до 10 млн. т та надходження біологічного азоту понад 450–600 тис. т. Враховуючи підвищення об'ємів виробництва сої Україна має можливість вийти на стратегічний напрямок розвитку аграрного сектора, зміцненню економіки та розв'язанню продовольчої проблеми білка. У перспективі (до 2030 р.) прогнозується збільшення виробництва сої до 7,5–8,0 млн. т [30].

Україна є лідером в Європі по кількості створених і впроваджених у виробництво не генетично модифікованих сортів сої. При використанні нових сортів потенціал урожайності скоростиглих сортів сої нового покоління становить 18–23 ц/га, ранньостиглих – 25–28 ц/га, середньостиглих – 30–38 ц/га. Для кожної ґрунтово-кліматичної зони науковці рекомендують групу сортів які добре адаптовані до умов регіону, надійно дозрівають та забезпечують високу врожайність та якість продукції [31].

Висновки. На основі проведеного аналізу доведено, що соя є культурою світового значення, яка відіграє головну роль у забезпеченні населення продовольчими ресурсами. Висока економічна ефективність сої приваблює агровиробників у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, що підкреслює стратегічну важливість цієї культури. Збільшення посівів сої в Україні також підтверджує про вагоме її значення як попередника для інших культур.

За результатами проведеного аналізу статистичних даних України та Міністерства сільського господарства США нам вдалося дослідити динаміку посівних площ сої, її урожайність та валових зборів як в Україні так і в світі. Вияснено, що Україна входить в десятку

лідерів по виробництву насіння сої та має високий потенціал для збільшення валових зборів культури. З'ясовано, що найбільші посівні площі сої в Україні розміщено у Полтавській (302,3 тис. га), Хмельницькій (278,5 тис. га) та Житомирській областях з площею посіву 201,6 тис. га. За валовими зборами лідирує Хмельницька обл. (зібрано 665,7 тис. т), на другому місці Львівська обл. (зібрано 457,8 тис. т), а трійку кращих замикає Житомирська обл. з валовими зборами на рівні 428,6 тис. т.

Можливості збільшення виробництва сої у нашій країні ще невичерпані, але необхідно ретельно досліджувати тенденцію по збільшенню посівних площ та давати об'єктивну оцінку цьому напрямку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pansyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10. № 5. 177–182. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_206
- Козючко А.Г., Гавій В.М. Біохімічні показники зерна сої за передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: агрономія та біологія*. 2022. № 2 (48). С. 90–95. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.13>
- Дідур І.М., Зюзько Л.Г. Дослідження елементів технології вирощування сої (*Glycine max* Moench) в умовах Лісостепу правобережного. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 35–39. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.6>
- Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098>
- Мізерник Д.В. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі і Україні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. № 76(1). С. 36–47. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-4)
- Любич В.В., Войтовська В.І., Третякова С.О., Климович Н.М. Технологічне оцінювання якості насіння сої залежно від сорту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-32-37>
- Dilawari R. et al. Soybean: A key player for global food security. *Soybean Improvement*. Springer, Cham. 2022. P. 1–46. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-12232-3_1
- Messina M. Perspective: Soybeans Can Help Address the Caloric and Protein Needs of a Growing Global Population. *Front. Nutr*. 2022. Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.909464>
- Бабиц А.О. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. Всеукраїнський інформаційно-аналітичний портал «Аграрний Тиждень. Україна». 2011. URL: <https://a7d.com.ua/plants/5052-stan-ta-perspektivi-virobnictva-soyi-v-ukrayin.html> (дата звернення: 07.05.2026).
- Бербенець О.В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею.

- Агросвіт*. 2019. № 10. С. 41–45. DOI: 10.32702/2306-6792.2019.10.41
11. Жуйков О.Г., Іванів М.О., Марченко Т.Ю., Возняк В.В. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові тренди та вітчизняні реалії. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 116. Ч. 1. С. 54–63.
 12. Мірзоева Т.В., Логвин І.М. Інноваційні напрями розвитку виробництва сої. *Науковий вісник НУБІП України. Сер.: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес*. 2013. Вип. 181(2). С. 242–247.
 13. Дідур І.М., Шевчук В.В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. Вип.16. С.48–60. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-1-4>
 14. Willer H., Lernoud J. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2017. *Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAMOrganics International*. 2021. P. 1–336.
 15. Fox C., Cary T., Colgrove A., Nafziger E., Haudenschild J. S., Hartman G. L., Specht J., Diers B. W. Estimating soybean genetic gain for yield in the northern united states—influence of cropping history. *Crop Science*. 2013. № 53. P. 2473–2482.
 16. Yang, L., Yang, Y., Huang, L., Cui, X., and Liu, Y. From single- to multi-omics: future research trends in medicinal plants. *Briefings Bioinf.* 2023. Vol. 24. № 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1093/bib/bbac485>
 17. Yu, X., Liu, Z., and Sun, X. Single-cell and spatial multi-omics in the plant sciences: Technical advances, applications, and perspectives. *Plant Commun.* 2023. Vol. 4. № 3. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100508>
 18. Tian Z., Nepomuceno A.L., Song Q., Stupar R.M., Liu B., Kong F., Ma J., Lee S.-H., and Jackson S.A. *Soybean2035: A decadal vision for soybean functional genomics and breeding*. *Mol. Plant*. 2025. Vol. 18. № 2. P. 245–271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.01.004>
 19. Lu F., Hongyan W., Xiaowei M., Hongbo P., Jianrong S. Modeling the current land suitability and future dynamics of global soybean cultivation under climate change scenarios. *Field Crops Research*. 2021. Vol. 263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108069>
 20. Петриченко В.Ф., Бабиш А.О., Колісник С.І., Іванюк С.В. Соя: технологічні аспекти вирощування на насіння. *Насінництво*. Київ. 2008. № 66. С. 5–9.
 21. Петриченко В.Ф. Актуальні проблеми кормовиробництва в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 11. С. 21–25.
 22. Board J.E., Kahlon C.S. Soybean yield formation: What controls it and how it can be improved. *Soybean physiology and biochemistry*. 2011. P. 1–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/17596>
 23. Дідур І.М., Голованюк А.Б. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 193–196. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.27>
 24. Виробництво – соєві боби. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/commodities/soybeans> (дата звернення: 07.05.2026).
 25. Дідора В.Г., Ступницька О.С. Продуктивність сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах Полісся України. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 4. С. 33–37. <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201604-08>
 26. Душко П.М. Оцінювання удобрень сої в технології її вирощування за адаптивним потенціалом. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 205–210. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220307>
 27. Держстат України оприлюднив фінальні показники врожаю 2025. URL: <https://ukragroconsult.com/news/derzhstat-ukrayiny-oprylyudnyv-finalnyi-pokaznyk-vrozhayu-2025/> (дата звернення: 27.04.2026).
 28. Врожай онлайн 2025. URL: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2025> (дата звернення: 07.04.2026).
 29. Президент підписав закон, який запроваджує експортне мито на сою та ріпак. URL: <https://epravda.com.ua/biznes/v-ukrajini-zaprovadili-mito-na-soyu-ta-ripak-811080/> (дата звернення: 27.04.2026).
 30. Івасик М. В., Бахмат М.І. Підвищення продуктивності зерна сої в умовах Поділля. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарська наука*. 2022. Вип.2(37). С.51–57. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-8>.
 31. Мельник А.В., Романько Ю.О., Романько А.Ю., Дудка А.А. Вплив погодно-кліматичних параметрів на врожайність зерна сучасних сортів сої в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109 (1). С. 76–83. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.12>

REFERENCES:

1. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pansyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020) Obgruntuvannia ahroekolohichnykh chynnykiv vplyvu na ahrofitotsenozy soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy na osnovi dyspersiinoho analizu. [Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine] *Ukrainskyi zhurnal ekolohii*. 10. 5. 177–182. [in Ukrainian].
2. Koziuchko A.H., Havii V.M. (2022) Biokhimichni pokaznyky zerna soi za peredposivnoi obrobky nasinnia kombinatsiamy metabolichno aktyvnykh rechovyn. [Biochemical parameters of soybean seeds following pre-sowing treatment with combinations of metabolically active substances]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Seriya: ahronomiia ta biolohiia. 2 (48). 90–95. [in Ukrainian].
3. Didur I.M., Ziuzko L.H. (2025) Doslidzhennia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia soi (Glycine max Moench) v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho. [Study of soybean (Glycine max Moench) cultivation technology elements under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe.] *Ahrarni innovatsii*. 29. 35–39. [in Ukrainian].
4. Korobko A.A. (2021) Dynamika vyrobnytstva soi v Ukraini ta sviti. [Dynamics of soybean production in Ukraine and worldwide.] *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*. 4. 125–134. [in Ukrainian].
5. Mizernyk D.V. (2024) Suchasnyi stan ta perspektyvy vyroshchuvannia soi v sviti i Ukraini. [Current state and prospects of soybean cultivation globally and in Ukraine.] *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 76(1). 36–47. [in Ukrainian].
6. Liubych V.V., Voitovska V.I., Tretiakova S.O., Klymovych N.M. (2020). Tekhnolohichne otsiniuvannia yakosti nasinnia soi zalezno vid sortu. [Technological assessment of soybean seed quality depending on the variety.] *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2. 32–37. [in Ukrainian].

7. Dilawari R. et al (2022). Soybean: A Key Player for Global Food Security. *Soybean Improvement*. 1–46.
8. Messina M (2022). Perspective: Soybeans Can Help Address the Caloric and Protein Needs of a Growing Global Population. *Front. Nutr.* 9.
9. Babych A.O. (2011) Stan ta perspektyvy vyrobnytstva soi v Ukraini. [Current state and prospects of soybean production in Ukraine.] *Vseukrainskyi informatsiino-analitychnyi portal Ahraryi Tyzhden. Ukraina*. URL: <https://a7d.com.ua/plants/5052-stan-ta-perspektivi-vyrobnytstva-soyi-v-ukrayin.html>. [in Ukrainian].
10. Berbenets O. V. (2019). Svitove vyrobnytstvo soi yak nevycherpnogo dzherela bilkiv roslynnoho pokhodzhennia ta mistse Ukrainy na svitovomu rynku torhivli neiu. [World-wide production of soya as an inexhaustible source of vegetable proteins and Ukraine's place in the global trading ma] *Ahrosvit*. 10. 41–45. DOI:10.32702/2306-6792.2019.10.41 [in Ukrainian].
11. Zhuikov O.H., Ivaniv M.O., Marchenko T.Iu., Vozniak V.V. (2020). Suchasne vyrobnytstvo soi yak element rozviazannia problemy kharchovoho bilka: svitovi trendy ta vitchyzniani realii. [Modern soybean production as a means of addressing the dietary protein issue: global trends and domestic realities.] *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 116. 54–63. [in Ukrainian].
12. Mirzoieva T.V., Lohvyn I.M. (2013). Innovatsiini napriamy rozvytku vyrobnytstva soi. [Innovative directions for the development of soybean production.] *Naukovyi visnyk NUBIP Ukrainy. Ser.: Ekonomika, ahraryi menedzhment, biznes*. 181(2). 242–247. [in Ukrainian].
13. Didur I.M., Shevchuk V.V. (2020) Pidvyshchennia rodiuchosti hruntu v rezultati nakopychennia biolohichnogo azotu bobovymy kulturamy. [Increasing soil fertility through the accumulation of biological nitrogen by legume crops.] *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 16. 48–60. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-1-4> [in Ukrainian].
14. Willer H., Lernoud J. (2021). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2017. *Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAMOrganics International*. 1–336.
15. Fox C., Cary T., Colgrove A., Nafziger E., Haudenshield J. S., Hartman G. L., Specht J., Diers B. W. (2013). Estimating soybean genetic gain for yield in the northern united states–influence of cropping history. *Crop Science*. 53. 2473–2482.
16. Yang, L., Yang, Y., Huang, L., Cui, X., and Liu, Y. (2023). From single- to multi-omics: future research trends in medicinal plants. *Briefings Bioinf.* 24. 1. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1093/bib/bbac485>
17. Yu, X., Liu, Z., and Sun, X. (2023). Single-cell and spatial multi-omics in the plant sciences: Technical advances, applications, and perspectives. *Plant Commun.* 4. 3. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100508>
18. Tian Z., Nepomuceno A.L., Song Q., Stupar R.M., Liu B., Kong F., Ma J., Lee S.-H., and Jackson S.A. (2025). *Soybean2035: A decadal vision for soybean functional genomics and breeding*. *Mol. Plant*. 18. 2. 245–271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.01.004>
19. Lu F., Hongyan W., Xiaowei M., Hongbo P., Jianrong S. (2021). Modeling the current land suitability and future dynamics of global soybean cultivation under climate change scenarios. *Field Crops Research*. 263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108069>
20. Petrychenko V.F., Babych A.O., Kolisnyk S.I., Ivaniuk S.V. (2008) Soia: tekhnolohichni aspekty vyroshchuvannia na nasinnia. [Soybeans: technological aspects of seed production. Seed production.] *Nasinnnytstvo*. Kyiv. 66. 5–9. [in Ukrainian].
21. Petrychenko V.F. (2010) Aktualni problemy kormovyrobnnytstva v Ukraini. [Current issues in fodder production in Ukraine.] *Visnyk ahraryi nauky*. 11. 21–25. [in Ukrainian].
22. Board J.E., Kahlon C.S. (2011). Soybean yield formation: What controls it and how it can be improved. *Soybean physiology and biochemistry*. 1–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/17596>
23. Didur I.M., Holovaniuk A.B. (2025) Stan ta perspektyvy vyrobnytstva soi v Ukraini. [Current state and prospects of soybean production in Ukraine.] *Ahraryi innovatsii*. 30. 193–196. DOI: <https://doi.org/10.32848/ahraryi.innov.2025.30.27> [in Ukrainian].
24. Vyrobnnytstvo – soievi boby. (2025) [Production – soybeans.] URL: <https://www.fas.usda.gov/data/commodities/soybeans>.
25. Didora V.H., Stupnitska O.S. (2016) Produktivnist soi zalezno vid inokulatsii ta udobrennia v umovakh Polissia Ukrainy. [Soybean productivity depending on inoculation and fertilization in the Polissia region of Ukraine.] *Visnyk ahraryi nauky*. 4. 33–37. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201604-08> [in Ukrainian].
26. Dushko P.M. (2017) Otsiniuvannia udobren soi v tekhnolohii yii vyroshchuvannia za adaptivnym potentsialom. [Evaluation of soybean fertilization within the cultivation technology based on adaptive potential.] *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2. 205–210. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220307> [in Ukrainian].
27. Derzhstat Ukrainy oprylyudnyv finalni pokaznyky vrozhaiu 2025. (2026) [The State Statistics Service of Ukraine has released the final harvest figures for 2025.] URL: <https://ukragroconsult.com/news/derzhstat-ukrayiny-oprylyudnyv-finalni-pokaznyky-vrozhayu-2025/>
28. Vrozhai online (2025). [Harvest Online] URL: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2025>.
29. Prezydent pidpysav zakon, yakyy zaprovadzhuie eksportne myto na soi ta ripak. (2025) [The President signed a law introducing export duties on soybeans and rapeseed.] URL: <https://epravda.com.ua/biznes/v-ukrajini-zaprovadili-mito-na-soyu-ta-ripek-811080/>.
30. Ivasyk M.V., Bakhmat M.I. (2022). Pidvyshchennia produktyvnosti zerna soi v umovakh Podillia. [Increasing soybean grain productivity in the Podillia region.] *Podilskyi visnyk*. 2 (37). 51–57. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-8>. [in Ukrainian].
31. Melnyk A.V., Romanko Yu.O., Romanko A.Iu., Dudka A.A. (2019). Vplyv pohodno-klimatychnykh parametriv na vrozhainist zerna suchasnykh sortiv soi v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Influence of weather and climatic parameters on grain yield of modern soybean varieties in the Northeastern Forest-Steppe of Ukraine.] *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 109 (1). 76–83. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.12> [in Ukrainian].

Онiпко В.В., Маломижев А.С. Тенденція виробництва сої в Україні та світі

Мета статті – за допомогою обробки статистичних даних обґрунтування та аналіз сучасного стану світового виробництва сої, можливості вирощування сої в Україні та світі.

Методи. Застосовано дані Державної служби статистики України, Міністерства сільського господарства США та наукові публікації. Використано системно-аналітичний, порівняльний, статистичний і графічний методи дослідження.

Результати. За даними досліджень посівні площі в Україні за останні два роки залишаються практично незмінними і коливаються в межах двох млн. га. Посівні площі у світовому масштабі щорічно збільшують. За останнє десятиліття збільшення відбулося 23,5 млн. га. Згідно даних Міністерства сільського господарства США загальна площа під соєю у 2025 році становила 144,2 млн. га. Основні лідери із посівних площ займають 121,1 млн. га, що становить 84 % усіх посівних площ у світі. Україна посідає 9-е місце у світовому рейтингу, маючи посівні площі в межах 2,08 млн. га, що становить 1,44 % від світових. Лідером з урожайності у 2025 р. стала Туреччина 3,9 т/га; Бразилія – 3,6 т/га; США – 3,5 т/га; Парагвай – 3,2 т/га та Аргентина – 2,9 т/га. В Україні урожайність сої у 2025 р. становила 2,4 т/га. Валові збори сої в середньому по Україні становлять близько 4 млн. т. У світі в 2025 році зібрано близько 427 млн. т сої. Лідерами з виробництва сої у світі є Бразилія (зібрано 180 млн. т), США – 115,99 млн. т та Аргентина з 48,0 млн. т. Найбільші посівні площі сої в Україні розміщено у Полтавській (302,3 тис. га), Хмельницькій (278,5 тис. га) та Житомирській областях з площею посіву 201,6 тис. га. За валовими зборами лідирує Хмельницька обл. (зібрано 665,7 тис. т), на другому місці розмістилась Львівська обл. (зібрано 457,8 тис. т) трійку кращих замикає Житомирська обл. з валовими зборами на рівні 428,6 тис. т. Сою можна висівати на досить великих територіях соєвого поясу, цим самим збільшивши її площу до 4 млн. га а виробництво – до 10 млн. т. Враховуючи підвищення об'ємів виробництва сої Україна має можливість вийти на стратегічний напрямок розвитку аграрного сектора, зміцненню економіки та розв'язанню продовольчої проблеми білка. У перспективі (до 2030 р.) прогнозується збільшення виробництва сої до 8,0 млн. т.

Висновки. Вияснено, що Україна входить в десятку лідерів по виробництву насіння сої та має високий потенціал для збільшення валових зборів даної культури. З'ясовано, що найбільші посівні площі сої в Україні розміщено у Полтавській (302,3 тис. га), Хмельницькій (278,5 тис. га) та Житомирській областях з площею посіву 201,6 тис. га. За валовими зборами лідирує Хмельницька обл. (зібрано 665,7 тис. т), на другому місці Львівська обл. (зібрано 457,8 тис. т), а трійку кращих замикає Житомирська обл. з валовими зборами на рівні 428,6 тис. т. Можливості збільшення виробництва сої у нашій країні ще невичерпані, але необхідно ретельно досліджувати тенденцію по збільшенню посівних площ та давати об'єктивну оцінку цьому напрямку.

Ключові слова: соя, посівна площа, урожайність, виробництво, валовий збір.

Onipko V.V., Malomyzhev A.S. Soybean production trend in Ukraine and the world

Purpose. To substantiate and analyze the current state of global soybean production and the possibilities of soybean cultivation in Ukraine and the world, using statistical data processing.

Methods. Data from the State Statistics Service of Ukraine, the United States Department of Agriculture, and scientific publications were used. System-analytical, comparative, statistical, and graphical research methods were used.

Results. According to research data, sown areas in Ukraine have remained virtually unchanged over the past two years, hovering around two million hectares. On a global scale, however, sown areas are increasing annually. Over the last decade, there has been an increase of 23.5 million hectares. According to data from the USA Department of Agriculture, the total area planted with soybeans in 2025 was 144.2 million hectares. The leading countries account for 121.1 million hectares of sown area, representing 84 % of the global total. Ukraine ranks ninth globally, with a sown area of 2.08 million hectares, constituting 1.44 % of the world's total. Turkey led in yield in 2025 with 3.9 tons hectares, followed by Brazil – 3.6 t/ha, the USA – 3.5 t/ha, Paraguay – 3.2 t/ha, and Argentina – 2.9 t/ha. In Ukraine, the soybean yield in 2025 was 2.4 t/ha. Ukraine's total soybean harvest averages around 4 million tons. Globally, approximately 427 million tons of soybeans were harvested in 2025. The world's leading soybean producers are Brazil (180 million tons harvested), the USA (115.99 million tons), and Argentina (48.0 million tons). The largest sown areas of soybeans in Ukraine are located in Poltava region (302.3 thousand hectares), Khmelnytskyi region (278.5 thousand hectares) and Zhytomyr region (201.6 thousand hectares). In terms of gross harvest, Khmelnytskyi region leads (665.7 thousand tons collected), Lviv region is in second place (457.8 thousand tons collected), Zhytomyr region closes the top three with gross harvests at the level of 428.6 thousand tons. In Ukraine, there is a tendency to increase soybean sowing areas to 4 million hectares and production to 10 million tons.

Conclusions. It is noted that Ukraine is among the top ten soybean producers and has a high potential for increasing the gross harvest of this crop. It was established that the largest soybean sowing areas in Ukraine are located in Poltava (302.3 thousand hectares), Khmelnytskyi (278.5 thousand hectares) and Zhytomyr regions with a sowing area of 201.6 thousand hectares. Khmelnytskyi region leads in gross harvest (665.7 thousand tons harvested), Lviv region ranks second (457.8 thousand tons harvested), and Zhytomyr region closes the top three with a gross harvest of 428.6 thousand tons. The possibilities for increasing the production of its products in our country have not yet been exhausted, but it is necessary to study the trend of increasing the sown areas and give an objective assessment of this direction.

Key words: soybean, sown area, yield, production, gross harvest.

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ТА ДИНАМІКА ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ У ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

ПАНФІЛОВА А.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0003-0006-4090

Миколаївський національний аграрний університет

КОШКІН Д.Л. – кандидат технічних наук, доцент

orcid.org/0000-0002-6927-8487

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) залишається однією з ключових культур зернового виробництва України, а Південний Степ є регіоном, де її продуктивний потенціал значною мірою визначається співвідношенням вологозабезпечення осіннього періоду, умов перезимівлі, весняного відновлення вегетації та тривалості фази наливу зерна. Для цієї зони типовими є висока міжрічна мінливість опадів, нерівномірний розподіл вологи впродовж вегетаційного періоду, часті епізоди ранньолітньої спеки та швидке виснаження запасів продуктивної вологи ґрунту у критичні фази росту та розвитку рослин. За таких умов традиційні польові спостереження доцільно поєднувати з дистанційним зондуванням Землі (ДЗЗ), яке дає змогу простежувати фізіологічний стан посівів у часовій динаміці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток платформи Google Earth Engine (GEE) створив технічні передумови для аналізу супутникових даних і побудови довгих часових рядів стану рослинного покриву [1, 5]. У сучасних дослідженнях для оцінювання реакції пшениці озимої на посуху використовують спектральні вегетаційні індекси та високочастотне спостереження за посівами [2]; для моніторингу росту і прогнозування стану культури поєднують ДЗЗ із моделями росту і розвитку рослин [3]; для виділення фенофаз росту і розвитку пшениці озимої застосовують часові ряди Sentinel-1 і Sentinel-2 у середовищі GEE, а також оптичні й радарні дані на рівні поля [4, 5]. Окремий напрям становить дистанційний моніторинг посухи за даними різних джерел, де водні індикатори є ключовими для раннього виявлення стресу рослин [6]. Попри розвиток супутникового моніторингу, для умов Південного Степу України залишається практично важливим порівняльний аналіз вегетаційного періоду, який одночасно враховує агрометеорологічні умови та реакцію на них спектральних вегетаційних індексів – NDVI, NDRE і NDMI. Особливої уваги потребує період від колосіння до наливу зерна пшениці озимої, коли візуально сформована біомаса ще може підтримувати високий NDVI, тоді як водний статус рослин уже погіршується.

Метою статті є комплексна оцінка агрометеорологічних умов вегетаційних періодів 2021–2025 рр. для пшениці озимої в умовах Південного Степу України та виявлення закономірностей динаміки вегетаційних індексів NDVI, NDRE і NDMI під впливом сезонної

мінливості температурного режиму, опадів і дефіциту вологи. Особливу увагу приділено порівняльному аналізу вегетаційних періодів у розрізі основних фаз росту і розвитку рослин пшениці озимої.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведені в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету, розташованих в поблизу с. Сеньчине Миколаївського району Миколаївської області. Регіон характеризується нестійким зволоженням, значним впливом осінніх і ранньовесняних опадів на формування продуктивного стеблостоя та ризиком теплового і водного стресу в червні та липні.

Метеорологічну основу дослідження щодо середньої температури повітря та сум атмосферних опадів за 2021–2025 рр. становили дані автоматичної метеостанції Pessl Instruments (iMETOS), розташованої на дослідному полі Миколаївського національного аграрного університету. Супутникові дані Sentinel-2 SR Harmonized опрацьовували в середовищі Google Earth Engine (GEE) [7–9], на основі яких розраховували спектральні вегетаційні індекси NDVI, NDRE і NDMI. Фази росту й розвитку рослин пшениці озимої визначали за результатами польових спостережень. У дослідженні розглядали такі фази росту і розвитку рослин: сході, кущіння, вихід рослин у трубку, колосіння, налив зерна та повна стиглість.

Для інтерпретації індексів використано співвідношення:

$$\begin{aligned} \text{NDVI} &= \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}; \\ \text{NDRE} &= \frac{\text{NIR} - \text{RedEdge}}{\text{NIR} + \text{RedEdge}}; \\ \text{NDMI} &= \frac{\text{NIR} - \text{SWIR}}{\text{NIR} + \text{SWIR}}, \end{aligned}$$

де NIR – відбивна здатність у ближньому інфрачервоному діапазоні, Red – у червоному, RedEdge – у діапазоні «червоного краю», SWIR – у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні спектра; відповідно використовували канали B8, B4, B5 і B11 супутника Sentinel-2.

У дослідженні індекс NDVI використовували як показник зеленої біомаси рослин пшениці озимої, NDRE – як індикатор стану хлорофільного апарату рослин, NDMI – як показник водного статусу рослин.



Зв'язок між погодою та індексами оцінювали шляхом порівняльного графічного аналізу: зіставляли строки опадів, температурні максимуми, висоту й тривалість плато індексів та моменти різкого спаду NDMI, NDVI і NDRE.

Результати досліджень.

Агрометеорологічна характеристика вегетаційних періодів. Динаміку температури повітря та атмосферних опадів представлено на рис. 1 і 2. Для полегшення інтерпретації сезонної динаміки метеорологічних показників фоновим кольором виділено календарні пори року: осінь, зиму, весну та літо.

Веgetаційний період 2021–2022 рр. був переважно сприятливим: осінь забезпечила формування достатніх запасів вологи у ґрунті, зима була м'якою, а ранньовесняний період характеризувався відносно добрим вологозабезпеченням. Основним лімітуючим фактором формування врожаю став тепловий і водний стрес під час наливу зерна пшениці озимої (рис. 1 а).

У вересні–жовтні середня температура повітря становила 12,7 °С, сума опадів – 78,8 мм, при цьому ефективними були опади у другій декаді вересня – 29,2 мм та другій декаді жовтня – 43,7 мм. У листопаді випало 42,8 мм при середньомісячній температурі повітря 6,7 °С. У грудні–лютому середня температура повітря становила близько 1,3 °С, опади – 99,1 мм, тому ризик вимерзання був невисоким. У березні–квітні 2022 р. середня температура повітря становила 6,0 °С, а сума опадів – 59,5 мм, що сприяло процесам весняного відновлення вегетації рослин пшениці озимої. Травень характеризувався температурою повітря 15,9 °С та

кількістю опадів 36,2 мм. У цей період рослини пшениці озимої перебували у фазах виходу у трубку та колосіння. У червні–липні 2022 р. посилювався несприятливий вплив погодних умов на ріст і розвиток рослин. Так, температура повітря у червні склала 21,6 °С, а кількість опадів 40,4 мм. Вкрай несприятливі умови за вологозабезпеченням склалися у липні – лише 8,8 мм опадів за температури повітря 23,7 °С, що сприяло скороченню періоду наливу зерна пшениці озимої.

Веgetаційний період 2022–2023 рр. був помірно сприятливим, але з різко нерівномірним розподілом опадів: посушливий жовтень, вологі листопад–квітень, запізнілі травневі дощі та сухий жаркий червень (рис. 1 б).

У вересні–жовтні середня температура повітря становила 13,3 °С, опади – 76,4 мм. При цьому основний запас вологи сформували опади другої декади вересня – 49,4 мм. Початок жовтня був майже бездошовим, тому сходи й початок кушіння рослин були нерівномірними. Листопад із 39,6 мм опадів частково компенсував дефіцит вологи.

Зима 2022–2023 рр. була м'якою. Середня температура повітря у грудні–лютому становила 1,3 °С, а сума опадів – 66,6 мм. Мінімальне значення середньої декадної температури повітря досягало –2,6 °С, що свідчить про низький ризик пошкодження посівів унаслідок дії морозів.

Найсприятливіші умови для росту і розвитку рослин пшениці озимої склалися у березні–квітні 2023 р. – середньодобова температура повітря становила 7,6 °С, а сума опадів – 108,0 мм. Водночас у травні розподіл

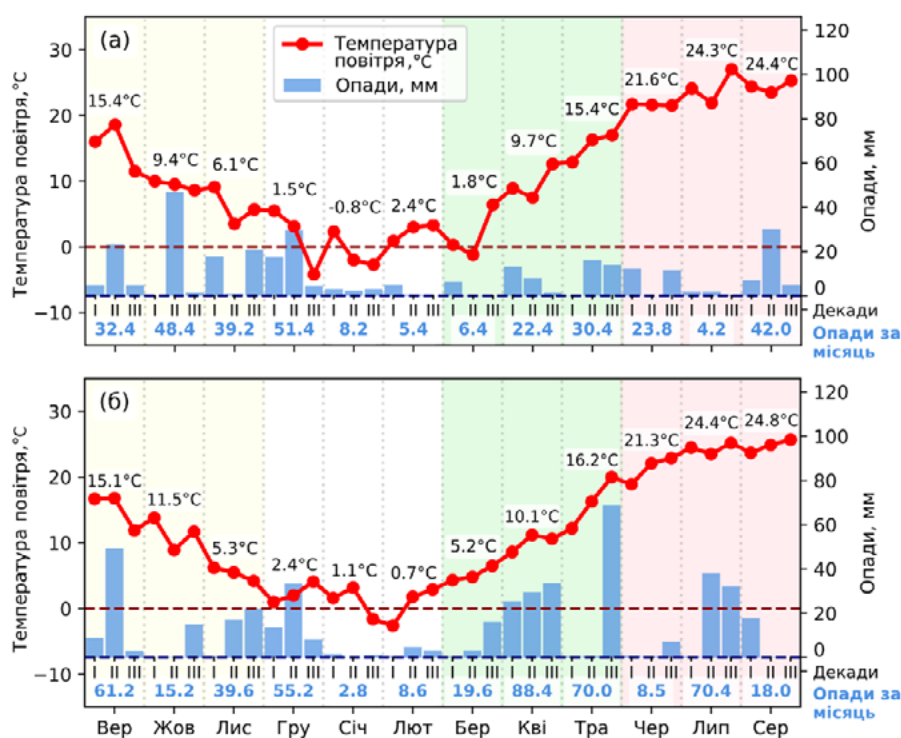


Рис. 1. Динаміка декадної температури повітря та суми опадів упродовж вегетаційних періодів пшениці озимої (а – 2021–2022 рр.; б – 2022–2023 рр.)

опадів був нерівномірним: із загальної місячної суми 70,0 мм 68,8 мм випало лише у третій декаді місяця. Найбільш стресовим за вологозабезпеченням був червень, коли випало лише 8,5 мм опадів за середньої температури повітря 21,3 °С.

Веgetаційний період 2023–2024 рр. був контрастним: дуже сухий і теплий початок осені змінився надмірно вологим листопадом, м'якою зимою та достатнім зволоженням на початку весняної веgetації (рис. 2 а).

У вересні–жовтні 2023 р. середня температура повітря становила 17,1 °С, а сума опадів – лише 12,8 мм, що затримувало появу сходів та обмежувало осіннє куціння рослин пшениці озимої. У листопаді випало 116,8 мм опадів, що частково поліпшило умови вологозабезпечення, однак не компенсувало повністю наслідки посушливого початку веgetації. У грудні–лютому середня температура повітря становила 1,4 °С, а сума опадів – 67,4 мм.

У березні–квітні 2024 р. 85,4 мм опадів за середньої температури повітря 7,2 °С створили сприятливі умови для компенсаторного росту та розвитку рослин пшениці озимої. У травні випало лише 16,8 мм опадів, тоді як у червні – 84,4 мм за середньої температури повітря 22,2 °С. У липні сформувалися вкрай несприятливі умови вологозабезпечення: за температури повітря 27,1 °С випало лише 1,6 мм опадів, що сприяло розвитку водного стресу та прискоренню досягання рослин.

Веgetаційний період 2024–2025 рр. характеризувався сприятливими погодними умовами восени, але

менш сприятливими умовами навесні. Спостерігалось слабше весняне наростання біомаси та прискорене проходження фаз росту і розвитку рослин пшениці озимої через холодну суху ранню весну і жаркий кінець веgetаційного періоду (рис. 2 б).

У вересні–жовтні 2024 р. середня температура повітря становила 16,1 °С, а сума опадів – 133,0 мм. Визначальними були 53,4 мм у другій декаді вересня і 62,1 мм у першій декаді жовтня. Дуже сухий листопад (6,4 мм опадів) сприяв ранньому припиненню активної веgetації пшениці озимої.

Грудень і січень були м'якими, однак у другій і третій декадах лютого середня температура повітря знижувалася до –7,9 і –8,5 °С при лише 8,8 мм опадів. У березні–квітні 2025 р. середня температура повітря становила 4,3 °С, а сума опадів – 29,0 мм, що обмежувало відновлення весняної веgetації пшениці озимої. Погодні умови травня частково поліпшили умови росту і розвитку рослин: за місяць випало 60,3 мм опадів. Проте у червні–липні 2025 р. домінували високі температури повітря та дефіцит вологи – відповідно 21,0 °С і 20,2 мм опадів у червні та 25,7 °С і 4,4 мм у липні, що негативно вплинуло на процеси росту, розвитку та формування продуктивності рослин пшениці озимої.

Динаміка веgetаційних індексів (NDVI, NDRE, NDMI). Зміни агрокліматичних показників у роки досліджень узгоджувалися зі змінами спектральних веgetаційних індексів. На початку осінньої веgetації 2021 р. значення NDVI становили близько 0,2, NDRE – 0,15–0,2.

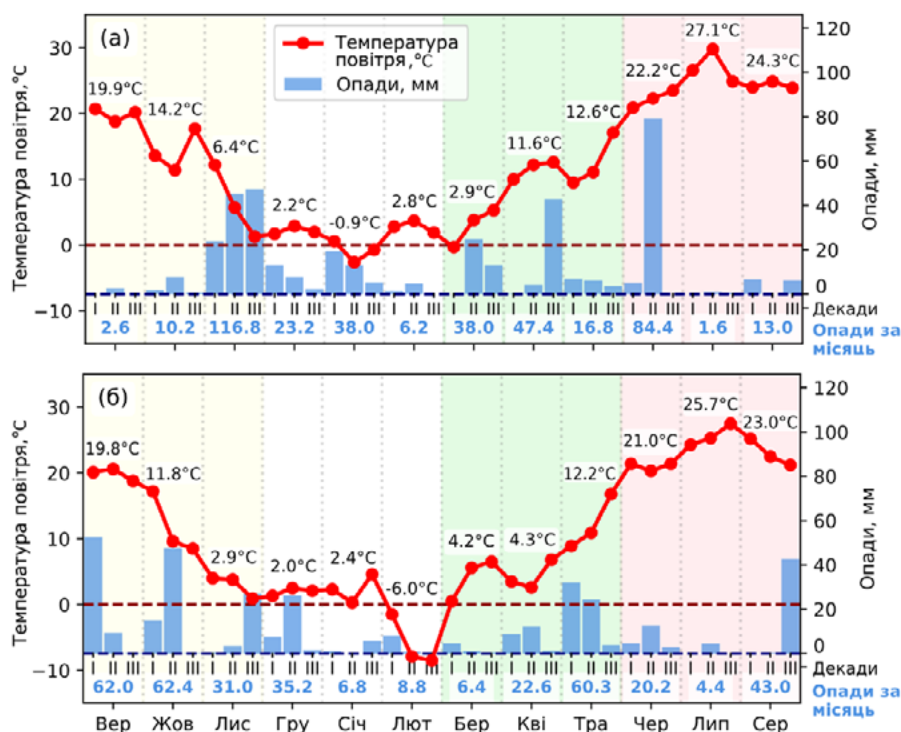


Рис. 2. Динаміка декадної температури повітря та суми опадів упродовж веgetаційних періодів пшениці озимої (а – 2023–2024 рр.; б – 2024–2025 рр.)

Упродовж жовтня–листопада вони зросли приблизно до 0,8 та 0,5 відповідно, що свідчило про активне формування біомаси рослин (рис. 3 а).

На рис. 3–4 наведено сезонну динаміку вегетаційних індексів озимої пшениці. Зелена крива відповідає індексу NDVI, фіолетова – NDRE, синя – NDMI. Точки відображають супутникові спостереження Sentinel-2, суцільні лінії – згладжені часові ряди. Вертикальними пунктирними лініями позначено календарні дати настання ключових фаз росту і розвитку пшениці озимої.

Після весняного відновлення індекси зростали синхронно. Так, у міжфазний період від виходу рослин у трубку до колосіння NDVI досягав 0,8, NDRE – 0,6–0,7, а NDMI – близько 0,3. У період наливу зерна та досягання спостерегалось поступове зниження всіх індексів: NDMI знижувався до нульових або від'ємних значень, NDVI – до 0,3–0,4, а NDRE – до близько 0,3. Така динаміка відображала посилення теплового та водного стресу наприкінці вегетаційного періоду пшениці озимої.

Осінній ріст і розвиток рослин пшениці озимої у 2022 р. були уповільненими – від сівби до фази кушіння індекс NDVI становив близько 0,2–0,3, а NDRE – 0,1–0,2 (рис. 3 б). У листопаді–грудні індекси стабілізувалися на рівні 0,6–0,7 для NDVI і 0,4–0,5 для NDRE, що свідчило про часткове відновлення та покращення стану посівів після осіннього дефіциту вологи. Погодні умови весняного періоду 2023 р. сприяли різкому зростанню індексів – у міжфазний період виходу рослин у трубку–колосіння NDVI досягав близько 0,9, NDRE – 0,7, а NDMI – 0,4. Подальший ранній спад NDMI до нуля та скорочення плато NDVI в червні відображали перехід до водного і теплового стресу рослин пшениці озимої.

Динаміка вегетаційних індексів у 2023–2024 рр. відображає контраст між пригніченим осіннім розвитком і компенсаторним весняним наростанням біомаси рослин пшениці озимої (рис. 4 а).

У міжфазний період сівби–сходи у 2023 р. NDVI становив лише 0,15–0,2, NDRE – 0,1–0,15, що відповідало посушливим умовам осені. До зими NDVI підвищувався лише до 0,4–0,5, а NDRE – до 0,25–0,3, що свідчило про недостатньо сформовану асиміляційну поверхню рослин. Навесні відбулося різке компенсаторне зростання: у фазі колосіння значення NDVI досягали 0,75–0,8, NDRE – близько 0,6, NDMI – близько 0,3. Після колосіння всі індекси швидко спадали, а NDMI рано переходив до значень поблизу нуля і нижчих.

Динаміка індексів у вегетаційному періоді 2024–2025 рр. відображає добрі погодні умови осіннього періоду 2024 р. і послаблення ростових процесів пшениці озимої навесні 2025 р. (рис. 4 б).

У період сівби–сходи у 2024 р. NDVI становив 0,15–0,2, NDRE – 0,1–0,15. У жовтні–листопаді індекси зросли відповідно до 0,6–0,7 і 0,4–0,5, що підтверджувало сприятливий осінній розвиток рослин пшениці озимої. Весняне відновлення вегетації і наростання надземної маси рослин пшениці озимої були помірними: у фазі колосіння NDVI досягав 0,75–0,8, NDRE – 0,6–0,65, NDMI – близько 0,3, однак тривалість плато була незначною. Швидке зниження NDMI до нульових або від'ємних значень, а також спад NDVI до 0,3–0,4 свідчили про прискорене старіння фотосинтезуючого апарату рослин пшениці озимої під впливом водного та теплового стресу.

Дослідження встановлено, що найвищі значення NDVI та NDRE у міжфазний період виходу рослин

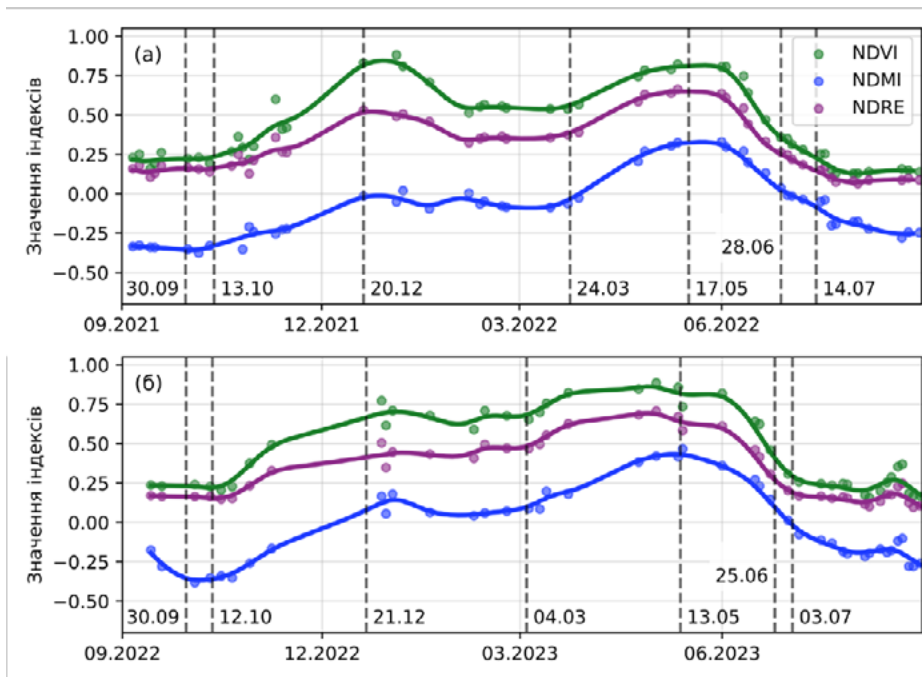
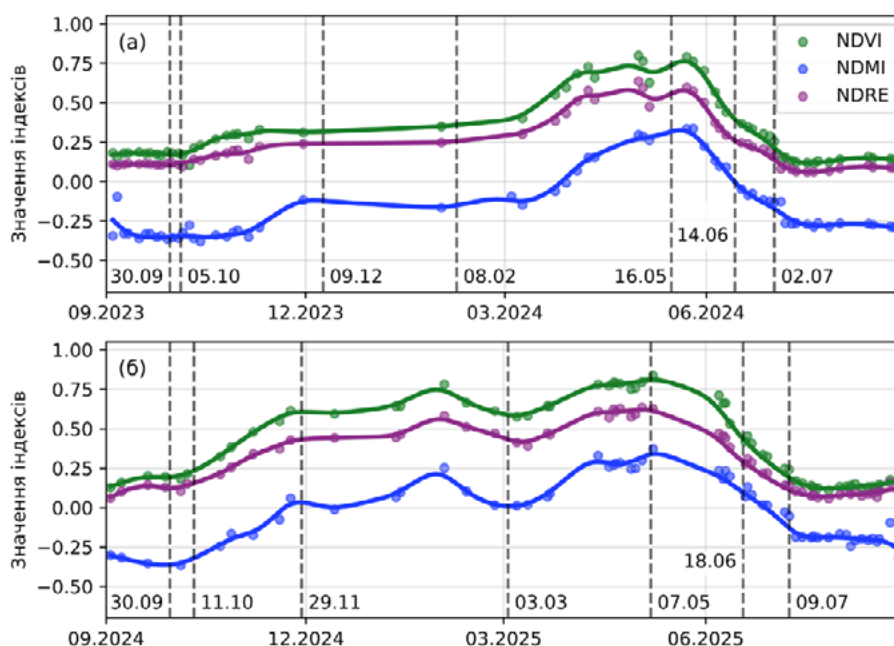


Рис. 3. Сезонна динаміка вегетаційних індексів озимої пшениці упродовж вегетаційних періодів:
(а) – 2021–2022 рр.; (б) – 2022–2023 рр.



**Рис. 4. Сезонна динаміка вегетаційних індексів озимої пшениці
упродовж вегетаційних періодів
(а – 2023–2024 рр.; б – 2024–2025 рр.)**

у трубку – колосіння формувалися за достатнього запасу вологи після зими й на початку весняної вегетації. У 2021–2022 рр. це забезпечувало добрий осінній розвиток і ранньовесняне відновлення рослин за достатнього вологозабезпечення, у 2022–2023 рр. – вологі березень–квітень і компенсаторне наростання біомаси. Саме ці вегетаційні періоди мали найвищі показники вегетаційних індексів – NDVI близько 0,8–0,9, а NDRE – 0,6–0,7.

Індекс NDMI виявився найбільш послідовним індикатором погіршення водного статусу рослин. У 2021–2022 рр. його зниження відповідало розвитку теплового та водного стресу наприкінці вегетації; у 2022–2023 рр. різкий спад у червні збігався з дефіцитом опадів; у 2023–2024 рр. раннє зниження NDMI відображало поєднання посушливого травня, нестійкого зволоження у червні та високих температур у липні; у 2024–2025 рр. – наслідки холодної та сухої весни, а також жаркого завершення вегетаційного періоду. Отже, червень був критичним періодом щодо формування водного стресу, при цьому NDMI реагував на його розвиток раніше за NDVI, тоді як скорочення тривалості плато NDVI свідчило про обмеження реалізації продуктивного потенціалу посівів пшениці озимої.

Порівняння вегетаційних періодів показало, що 2021–2022 і 2022–2023 рр. були найсприятливішими для формування вегетативної маси рослин пшениці озимої. Перший із них характеризувався стабільним осінньо-весняним розвитком посівів, тоді як другий – найвищими весняними значеннями NDVI після часткової компенсації осіннього дефіциту вологи. Водночас в обох досліджуваних вегетаційних періодах високий рівень розвитку рослин не забезпечив повної реалізації потенціалу

продуктивності культури через водний стрес у завершальні фази росту та розвитку рослин пшениці озимої.

Веgetаційний період 2023–2024 рр. підтвердив компенсаторну здатність пшениці озимої: після посушливих вересня і жовтня опади, які пройшли в листопаді, березні та квітні забезпечили інтенсивне весняне зростання значень NDVI та NDRE. Проте короткочасність плато та швидкий спад індексів після фази колосіння свідчили про неповну компенсацію несприятливих умов осіннього періоду.

Веgetаційний період 2024–2025 рр. продемонстрував інший тип обмеження розвитку посівів: сприятливі агрометеорологічні умови осінньої вегетації не трансформувалися у тривале весняне плато вегетаційних індексів через холодну та відносно суху весну.

Висновки. Веgetаційні періоди 2021–2022 і 2022–2023 рр. були найсприятливішими для формування вегетативної маси рослин пшениці озимої: у міжфазний період виходу рослин у трубку–колосіння значення NDVI досягали 0,8–0,9, а NDRE – 0,6–0,7. Веgetаційний період 2023–2024 рр. продемонстрував компенсаторний весняний ріст після посушливої осені, але коротша тривалість плато вегетаційних індексів і їх швидкий спад після фази колосіння свідчили про неповну компенсацію осіннього пригнічення рослин. Веgetаційний період 2024–2025 рр. характеризувався добрим осіннім розвитком посівів, проте слабшою весняною реакцією через низькі температури та дефіцит вологи у березні та квітні.

Найкритичнішим періодом розвитку водного стресу у всі роки досліджень був червень, коли рослини переходили від фази колосіння до наливу зерна. При цьому тривалість плато NDVI скорочувалася, а спад NDRE

і NDMI посилювався. Індекс NDMI виявився найбільш чутливим раннім індикатором водного стресу рослин, оскільки його значення змінювалися раніше та більш виражено у відповідь на погіршення водного режиму порівняно з індексом NDVI.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 2017. Vol. 202. P. 18–27.
2. Bhandari M., Baker S., Rudd J.C., Ibrahim A.M.H., Chang A., Xue Q., Jung J., Landivar J., Auvermann B. Assessing the effect of drought on winter wheat growth using unmanned aerial system (UAS)-based phenotyping. *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13(6). Article 1144. <https://doi.org/10.3390/rs13061144>.
3. Ma C., Liu M., Ding F., Li C., Cui Y., Chen W., Wang Y. Wheat growth monitoring and yield estimation based on remote sensing data assimilation into the SAFY crop growth model. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Article 5473. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09535-9>.
4. El Imanni H.S., El Harti A., Panimboza J. Investigating Sentinel-1 and Sentinel-2 data efficiency in studying the temporal behavior of wheat phenological stages using Google Earth Engine. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, no. 10. Article 1605. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101605>.
5. Lobert F., Löw J., Schwieder M., Gocht A., Schlund M., Hostert P., Erasmí S. A deep learning approach for deriving winter wheat phenology from optical and SAR time series at field level. *Remote Sensing of Environment*. 2023. Vol. 298. Article 113800. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113800>.
6. Tian G., Zhu L. Drought monitoring of winter wheat in Henan Province, China based on multi-source remote sensing data. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, no. 4. Article 758. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040758>.
7. European Space Agency. Sentinel-2 user handbook. ESA Standard Document. 2015. URL: <https://sentinel.esa.int/> (дата звернення: 16.05.2026).
8. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 mission and products. URL: <https://dataspace.copernicus.eu/> (дата звернення: 16.05.2026).
9. Google Earth Engine. Earth Engine documentation. URL: <https://developers.google.com/earth-engine/> (дата звернення: 16.05.2026).

REFERENCES:

1. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 202, 18–27.
2. Bhandari, M., Baker, S., Rudd, J.C., Ibrahim, A.M.H., Chang, A., Xue, Q., Jung, J., Landivar, J. & Auvermann, B. (2021). Assessing the effect of drought on winter wheat growth using unmanned aerial system (UAS)-based phenotyping. *Remote Sensing*, Vol. 13(6), 1144. <https://doi.org/10.3390/rs13061144>.
3. Ma, C., Liu, M., Ding, F., Li, C., Cui, Y., Chen, W. & Wang, Y. (2022). Wheat growth monitoring and yield estimation based on remote sensing data assimilation into the SAFY crop growth model. *Scientific Reports*, Vol. 12, 5473. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09535-9>.

4. El Imanni, H.S., El Harti, A. & Panimboza, J. (2022). Investigating Sentinel-1 and Sentinel-2 data efficiency in studying the temporal behavior of wheat phenological stages using Google Earth Engine. *Agriculture*, Vol. 12, no. 10, 1605. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101605>.
5. Lobert, F., Löw, J., Schwieder, M., Gocht, A., Schlund, M., Hostert, P. & Erasmí, S. (2023). A deep learning approach for deriving winter wheat phenology from optical and SAR time series at field level. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 298, 113800. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113800>.
6. Tian, G. & Zhu, L. (2024). Drought monitoring of winter wheat in Henan Province, China based on multi-source remote sensing data. *Agronomy*, Vol. 14, no. 4, 758. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040758>.
7. European Space Agency. Sentinel-2 user handbook. ESA Standard Document. 2015. URL: <https://sentinel.esa.int/> (дата звернення: 16.05.2026).
8. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 mission and products. URL: <https://dataspace.copernicus.eu/> (дата звернення: 16.05.2026).
9. Google Earth Engine. Earth Engine documentation. URL: <https://developers.google.com/earth-engine/> (дата звернення: 16.05.2026).

Панфілова А.В., Кошкін Д.Л. Агrometeorологічні умови та динаміка вегетаційних індексів пшениці озимої у Південному Степу України

Мета. Комплексно оцінити агrometeorологічні умови вегетаційних періодів 2021–2025 рр. для пшениці озимої в умовах Південного Степу України та встановити закономірності динаміки вегетаційних індексів NDVI, NDRE і NDMI під впливом сезонної мінливості температурного режиму, опадів і дефіциту вологи. **Методи.** Дослідження проведено на базі Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Використано метеорологічні дані автоматичної станції Pessl Instruments (iMETOS) за 2021–2025 рр. та супутникові дані Sentinel-2 SR Harmonized, оброблені в середовищі Google Earth Engine. Для оцінки стану посівів розраховано індекси NDVI, NDRE і NDMI та виконано їх порівняльний аналіз у взаємозв'язку з температурним режимом, кількістю опадів і перебігом основних фенологічних фаз розвитку пшениці озимої. **Результати.** Встановлено істотні міжрічні відмінності агrometeorологічних умов, які визначали характер формування та сезонної динаміки вегетаційних індексів. Найсприятливішими для розвитку рослин були вегетаційні періоди 2021–2022 та 2022–2023 рр., коли значення NDVI досягали 0,8–0,9, а NDRE – 0,6–0,7. Вегетаційний період 2023–2024 рр. характеризувався пригніченим осіннім розвитком і компенсаторним весняним наростанням біомаси, тоді як у 2024–2025 рр. добрі умови осінньої вегетації не забезпечили тривалого весняного розвитку через холодну й відносно суху весну. Встановлено, що найбільш критичним періодом розвитку водного стресу був червень, коли рослини переходили від фази колосіння до наливу зерна. Індекс NDMI найраніше реагував на погіршення водного режиму посівів і був найбільш чутливим індикатором розвитку водного стресу, тоді як скорочення тривалості плато NDVI відображало обмеження реалізації продуктивного потенціалу посівів. **Висновки.** Динаміка вегетаційних індексів пшениці озимої тісно пов'язана

з особливостями сезонного перебігу температурного режиму та зволоження. Вирішальне значення для формування фізіологічного стану рослин мали умови весняного періоду, а найбільш критичним щодо розвитку водного стресу був перехід від колосіння до наливу зерна. Індекс NDMI доцільно використовувати як ранній індикатор водного стресу, тоді як комплексне застосування NDVI, NDRE і NDMI забезпечує ефективний моніторинг стану посівів, а скорочення тривалості плато NDVI може бути використане як індикатор обмеження реалізації продуктивного потенціалу озимої пшениці.

Ключові слова: пшениця озима, агрометеорологічні умови, дистанційне зондування Землі, Google Earth Engine, Sentinel-2, вегетаційні індекси, NDVI, NDRE, NDMI.

Panfilova A.V., Koshkin D.L. Agrometeorological conditions and dynamics of vegetation indices of winter wheat in the Southern Steppe of Ukraine

Objective. To comprehensively assess the agrometeorological conditions of the 2021–2025 growing seasons for winter wheat in the Southern Steppe of Ukraine and to identify the patterns of NDVI, NDRE, and NDMI vegetation index dynamics under seasonal variations in temperature, precipitation, and water deficit. **Methods.** The study was conducted at the Educational, Scientific and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University. Meteorological data from the Pessl Instruments (iMETOS) automatic weather station for 2021–2025 and Sentinel-2 SR Harmonized satellite imagery processed in the Google Earth Engine environment were used. NDVI, NDRE, and NDMI were calculated to assess crop conditions, and their dynamics

were comparatively analyzed in relation to air temperature, precipitation, and the main phenological growth stages of winter wheat. **Results.** Significant interannual differences in agrometeorological conditions were found to determine the formation and seasonal dynamics of vegetation indices. The 2021–2022 and 2022–2023 growing seasons were the most favorable for crop development, with NDVI reaching 0.8–0.9 and NDRE 0.6–0.7. The 2023–2024 season was characterized by suppressed autumn growth followed by compensatory biomass accumulation in spring, whereas the favorable autumn conditions of 2024–2025 did not ensure prolonged spring development because of a cold and relatively dry spring. June was identified as the most critical period for the development of water stress during the transition from heading to grain filling. NDMI responded earliest to deterioration of crop water status and proved to be the most sensitive indicator of water stress, whereas the shortening of the NDVI plateau indicated limitations in the realization of the crop productivity potential. **Conclusions.** The dynamics of winter wheat vegetation indices are closely associated with seasonal temperature and moisture conditions. Spring weather conditions played a decisive role in determining crop physiological status, while the transition from heading to grain filling was the most critical period for water stress development. NDMI is recommended as an early indicator of crop water stress, whereas the combined use of NDVI, NDRE, and NDMI provides effective crop monitoring, and the shortening of the NDVI plateau may serve as an indicator of limitations in the realization of winter wheat productivity potential.

Key words: winter wheat, agrometeorological conditions, remote sensing, Google Earth Engine, Sentinel-2, vegetation indices, NDVI, NDRE, NDMI.

Дата першого надходження статті до видання: 13.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФУНГІЦИДІВ ВІД ХВОРОБ У ПОСІВАХ СОНЯШНИКА

ПРАВДИВА Л.А. – доктор сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-5510-3934

Білоцерківський національний аграрний університет

СТЕПАНЕНКО М.В. – доктор філософії, асистент

orcid.org/0000-0002-1286-4151

Білоцерківський національний аграрний університет

ВАХНІЙ С.П. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0002-3460-9493

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. В Україні соняшник посідає провідне місце серед олійних культур і є основою економічної стабільності багатьох сільськогосподарських підприємств. Основний напрям його використання – переробка на олію для потреб харчової, кулінарних та технічних галузей [1].

У тваринництві макуха та шрот є надзвичайно затребуваними високобілковими концентратами. Їх здебільшого вводять до складу комбікормів, що робить їх цінним елементом раціону для всіх видів сільськогосподарських тварин. Завдяки високій поживності, навіть невелика кількість цих добавок здатна суттєво підвищити ефективність використання низькопротеїнових кормів та коренеплодів. Крім насіння, для годівлі худоби використовують й інші частини соняшнику: кошики разом із верхівками стебел згодують тваринам у натуральному вигляді, а зелену масу – на силос [2].

Водночас інтенсифікація виробництва та розширення площ під соняшником спричиняють серйозні фітосанітарні проблеми. Недотримання сівозмін (зокрема, повторні посіви на одному місці) веде до забур'яненості полів та накопичення поживних решток, які стають осередками збереження патогенів. Активізація шкідників і хвороб, що виникає внаслідок цього, вимагає обов'язкового впровадження надійних заходів захисту рослин як одного з елементів сучасних агротехнологій [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними авторів [5] у посівах соняшнику на території України ідентифіковано близько 70 видів патогенних організмів різного походження. Провідне місце серед них займають збудники: білої (*Sclerotinia sclerotiorum*) та сірої гнилей (*Botrytis cinerea*), сухої гнилі кошиків (*Rhizopus*), фузаріозна коренева гниль (*Fusarium*), пероноспорозу (*Plasmopara halstedii*), фомозу (*Phoma oleracea*), альтернаріозу (*Alternaria helianthi*), септоріозу (*Septoria helianthi*), фузаріозного в'янення (*Fusarium oxysporum*), іржі (*Puccinia helianthi*) [6, 7]. Інтенсивність поширення цих хвороб прямо корелює з величиною втрат урожаю, які можуть становити від 35 до 50% [8].

Однією з найбільш поширених хвороб соняшнику є гниль (біла, сіра, ризопус). В агрокліматичних умовах Лісостепу інфікування рослин патогеном фіксується на

різних етапах органогенезу, часто набуваючи масштабів епіфітотії. Дослідження І. Л. Маркова свідчать, що через ураження цією хворобою втрати врожаю насіння можуть становити від 30% до 50%, а в періоди масових спалахів – перевищувати 70% [9]. Загалом в Україні рівень поширення білої гнилі коливається в межах 1–75%, що безпосередньо залежить від конкретних гідротермічних та технологічних умов сезону [4].

Інтенсивність поширення та рівень ураження мікозів соняшнику безпосередньо зумовлені специфікою агрокліматичної зони вирощування культури, а також погодними умовами конкретного вегетаційного періоду. Зокрема, у господарствах Лісостепу та Полісся України найвищу шкодочинність демонструє комплекс хвороб, що включає септоріоз, фомоз, альтернаріоз, білу гниль та іржу [10]. Водночас у посушливих умовах південного Степу фітосанітарну загрозу для посівів становить ширший патогенний комплекс, до якого, окрім фомозу, альтернаріозу, септоріозу та іржі, входять сіра і біла гнилі, несправжня борошниста роса, а також фомопсис [11].

Результативність фунгіцидного захисту соняшнику безпосередньо залежить від точності дотримання регламентів застосування препаратів, зокрема правильного вибору термінів та кратності обприскування. Відповідно до наукових рекомендацій залежно від фітосанітарного прогнозу та погодних умов, доцільно проводити від однієї до трьох обробок у критичні фази органогенезу [12].

Отже, враховуючи цінність використання насіння соняшнику, вивчення рівня ураження та поширення хвороб у посівах соняшника, а також визначення ефективності застосування фунгіцидів є актуальним та перспективним напрямком досліджень.

Метою досліджень є вивчення впливу фунгіцидів та ефективність їх дії на рівень ураження та поширення хвороб у посівах соняшнику в центральній частині Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводились впродовж 2023–2025 роках в умовах СТОВ «Ім. Петровського», Черкаська область, Канівський район. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем. Погодно-кліматичні умови були типовими для зони Лісостепу України та сприятливими для вирощування соняшнику.



Висівали насіння середньопізнього лінолевого гібриду Субаро (Syngenta), рекомендований для вирощування у Лісостепу України.

Посівна площа ділянки – 298,0 м². Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне. Повторність досліді – чотириразова. Агротехніка вирощування соняшнику була загальноприйнятою для умов Лісостепу України, окрім досліджуваних факторів. Сівбу проводили у 3-й декаді квітня, за температури ґрунту 8–10 °С на глибині загортання насіння 4 см.

Схема досліді передбачала застосування фунгіцидного захисту соняшника (обробка рослин препаратами): 1. контроль, 2. Аделідин 75 г/л + дифеноконазол 125 г/л + азоксистробін 125 г/л – 1 л/га, 3. Азоксистробін 200 г/л + тебуконазол 120 г/л – 1 л/га, 4. Протіокназол 250 г/л + боскалід 250 г/л – 0,5 л/га + азоксистробін 250 г/л – 0,8 л/га.

Моніторинг фітосанітарного стану посівів здійснювали візуальним методом шляхом суцільного аналізу 100 рівновіддалених екземплярів соняшнику на кожній дослідній ділянці. У процесі обліків фіксували наявність патологічних симптомів на листових пластинках, стеблах та кошиках з подальшим розрахунком поширення та інтенсивності розвитку хвороб у відсотковому вираженні. Ідентифікацію та систематизацію виявленого спектра патогенів проводили із залученням відповідних визначників та атласів-довідників [13, 14].

Результати досліджень. Спостереження за посівами соняшнику проводились впродовж всього періоду вегетації культури. Але основними були обліки у фазі ВВСН35, ВВСН51, ВВСН 65. У посівах соняшника були виявлені альтернаріоз, фомоз, іржа та гнилі (біла та суха гниль кошиків). Рівень ураження рослин та поширення альтернаріозом становив 58%, фомозом 60%, іржою 18% та білою й сухою гнилю кошиків 35% (рис. 1).

В середньому за роки проведення досліджень встановлено високу ефективність фунгіциду з діючою речовиною Аделідин 75 г/л + дифеноконазол 125 г/л + азоксистробін 125 г/л – 1 л/га, проти хвороб фомоз та гнилей кошику вона становила 98,0%, альтернаріозу і іржі 95,0 і 96,5%. Дещо нижчу ефективність мав фунгіцид з діючою речовиною Протіокназол 250 г/л + боскалід 250 г/л – 0,5 л/га + азоксистробін 250 г/л – 0,8 л/га проти альтернаріозу – 93,0%, фомозу – 90,8%, іржі та гнилей кошику 94,5 та 92,1%.

Найменшу ефективність мав препарат із діючою речовиною Азоксистробін 200 г/л + тебуконазол

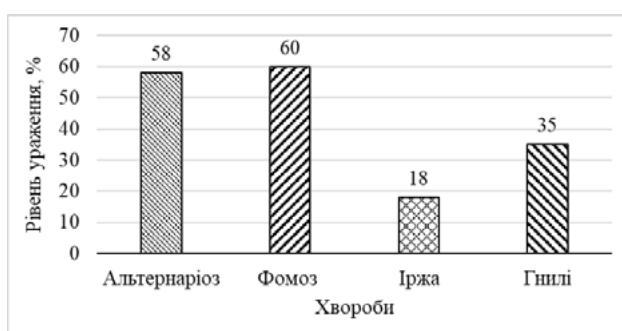


Рис. 1. Рівень ураження рослин хворобами, %/100 рослин, фаза ВВСН 35 (2023–2025 рр.)

120 г/л – 1 л/га, застосування його проти альтернаріозу становила 85,3%, фомозу 75,6%, іржі та гнилей кошику 89,0 та 87,0% (табл. 1).

Альтернаріоз проявлявся на листках та кошиках у вигляді темно-бурих плям які швидко розростаються і зливаються, спричиняючи гниття та засихання тканин. Хвороба призводить до прорідження посівів та зниження олійності насіння (рис. 2).

В результаті гнилей кошика руйнуються квітко-ложе, спричиняють випадання насіння, різко знижують схожість та призводять до гіркоти й непридатності олії (рис. 3).

Іржа вражає рослину впродовж всього періоду вегетації, як наслідок зменшується маса 1000 насінин та погіршується олійність на 5–10% (рис. 4).

Фомоз соняшника уражує рослину протягом усього періоду вегетації, руйнуючи тканини стебла, що веде до передчасного дозрівання, ламкості стебел та втрати від 20% до 25% урожаю (рис. 5).

В умовах змін клімату, різкі гідротермічні коливання зумовлюють стрімкий розвиток і масове поширення фітопатогенів, серед яких особливу загрозу становлять збудники альтернаріозу, іржі, фомозу та гнилей кошика соняшнику. Ефективність контролю цих хвороб суворо обмежена короткими часовими межами, коли гриби перебувають на початкових стадіях інфікування або у вразливих фазах розвитку на поверхні чи всередині тканин рослини. З огляду на масове заселення посівів патогенною мікрофлорою та високий ризик епіфітотій, важливого значення набуває пошук, обґрунтування та впровадження оптимальних методів, строків і схем внесення сучасних фунгіцидних препаратів.

Таблиця 1

Ефективність дії фунгіциду у посівах соняшнику, %

Варіант	Ефективність дії фунгіцидів,%			
	Альтернаріоз	Фомоз	Іржа	Гнилі кошика
Контроль – без обробки	–	–	–	–
Аделідин 75 г/л + дифеноконазол 125 г/л + азоксистробін 125 г/л – 1 л/га	95,0	98,0	96,5	98,0
Азоксистробін 200 г/л + тебуконазол 120 г/л – 1 л/га	85,3	75,6	89,0	87,0
Протіокназол 250 г/л + боскалід 250 г/л – 0,5 л/га + азоксистробін 250 г/л – 0,8 л/га	93,0	90,8	94,5	92,1



Рис. 2, 3. Ураження рослин альтернаріозом (верхній ярус листя) та гниллю кошика (фото автора)



Рис. 4, 5. Ураження рослин іржею та фомозом (середній ярус листя) (фото автора)

Висновки. В центральній частині Лісостепу України було проведено облік фітосанітарного стану посівів соняшнику та визначено рівень ураження і поширення хвороб соняшнику. Встановлено ефективність впливу досліджуваних фунгіцидів, найефективнішою є діюча речовина Адепідин 75 г/л + дифеноконазол 125 г/л + азоксистробін 125 г/л – 1 л/га: проти фомозу та гнилі кошику – 98,0%, альтернаріозу і іржі 95,0 і 96,5%.

В майбутньому доцільно впроваджувати превентивні системи захисту з використанням багато-

компонентних препаратів у критичні періоди та продовжити дослідження впливу обраної схеми на якість насіння (олійність) і економічну ефективність за різних гідротермічних умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сидякіна О.В., Гамаюнова В.В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 196–204. DOI:10.32782/2226-0099.2023.131.25

2. Домарацький Є. О. Формування листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшника залежно від добрив і ристрегулюючих препаратів. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 22–29. DOI: 10.32848/ agrar.innov.2021.5.4
3. Квасніцька Л.С., Власюк О.С., Войтова Г.П. Фіто-санітарний стан посівів соняшника в різноротацій-них сівозмінах правобережного Лісостеру України. *Зернові культури*. 2025. Том 9. № 1. С. 176–183. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0375>
4. Поспелов С. В., Поспелова Г. Д., Нечипоренко Н. І. та ін. Аналіз фітопатогенного стану посівів соняш-нику в період вегетації за різних агрокліматичних умов. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 140–148. DOI:10.31210/visnyk2021.04.17.
5. Азарков О.М., Лебединський С.М. Новий протруйник Фаер – надійний старт вашого майбутнього врожаю соняшнику. *Агроном*. 2013. № 4. С. 90–92.
6. Ткачук О.П., Бондарук Н.В. Поширення хвороб у посівах соняшнику залежно від удобрення. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 141–145. DOI: 10.32848/ agrar.innov.2024.24.20
7. Федоренко В. П. та ін. Захист соняшнику від хво-роб, шкідників і бур'янів. Київ : Юніверс Медіа. 2014. 224 с.
8. Gulya, T., Harveson, R., Mathew, F., Block, C., Thompson, S., Kandel, H., Berglund, D., Sandbakken, J., Kleingartner, L., & Markell, S. Comprehensive disease survey of U.S. sunflower: disease trends, research priorities and unanticipated impacts. *Plant Disease*. 2019. 103(4), 601–618. DOI: 10.1094/PDIS-06-18-0980-FE
9. Марков І.Л. Хвороби соняшнику. *Агроном*. 2008. № 1. С. 94–108.
10. Андрійчук Т. О., Скорейко А. М., Кувшинов О. Я. Оцінка фітосанітарного стану посівів соняшнику в західному Лісостепу України. *Захист і каран-тин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 73–84. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.73-84>
11. Балан Г. О. Порівняльний аналіз видового складу збудників хвороб соняшнику в умовах. Причорноморського Степу України. *Аграрний віс-ник Причорномор'я*. Вип. 88. 2018. С. 32–40. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2134/1/%d0%91%d0%b0%d0%bb%d0%b0%d0%bd.pdf> (дата звернення: 21.01.2026)
12. Ретьман С. В., Базикіна Н. Г. Фунгіцидний захист соняшнику від основних хвороб листя. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 5–6. С. 9–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2019_5-6_5 (дата звернення: 21.01.2026)
13. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії: підруч. Київ : Вища школа, 1994. 334 с
14. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. Методи випробування та застосу-вання пестицидів. Київ : Світ, 2001. 256 с.
- <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25> [in Ukrainian]
2. Domaratskyi, Ye. O. (2021). Formuvannia lystovoi po-verkhni ta fotosyntetychna diialnist roslin soniashnyka zalezho vid dobryv i ristrehuliuiuchykh preparativ [Formation of leaf surface and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilizers and growth regu-lating preparations]. *Ahrarni Innovatsii*, (5), 22–29. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.4> [in Ukrainian]
3. Kvasnitska, L. S., Vlasiuk, O. S., & Voitova, H. P. (2025). Fitosanitarnyi stan posiviv soniashnyka v riznorotatsi-nykh sivozminakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Phytosanitary state of sunflower crops in different rota-tion crop rotations of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zernovi Kultury*, 9(1), 176–183. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0375> [in Ukrainian]
4. Pospelov, S. V., Pospelova, H. D., Nechiporenko, N. I., Kahan, M. M., & Onipko, V. V. (2021). Analiz fitopah-tohennoho stanu posiviv soniashnyku v period vehe-tatsii za riznykh ahroklimatychnykh umov [Analysis of the phytopathogenic state of sunflower crops during the vegetation period under different agro-climatic conditions]. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, (4), 140–148. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.17> [in Ukrainian]
5. Azarkov, O. M., & Lebedynskyi, S. M. (2013). Novyi protruynyk Faier – nadiinyi start vashoho maibutnoho vrozhaiu soniashnyku [New seed treatment Fire – a reli-able start for your future sunflower harvest]. *Ahronom*, (4), 90–92. [in Ukrainian]
6. Tkachuk, O. P., & Bondaruk, N. V. (2024). Poshyrennia khvorob u posivakh soniashnyku zalezho vid udo-brennia [Prevalence of diseases in sunflower crops depending on fertilization]. *Ahrarni Innovatsii*, (24), 141–145. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.20> [in Ukrainian]
7. Fedorenko, V. P., Sekun, M. P., Markov, I. L., Retman, S. V., & Yevtushenko, M. D. (2014). *Zakhyst soniashnyku vid khvorob, shkidnykiv i burianiv* [Protection of sunflower from diseases, pests and weeds]. Yunivest Media. 224. [in Ukrainian]
8. Gulya, T., Harveson, R., Mathew, F., Block, C., Thompson, S., Kandel, H., Berglund, D., Sandbakken, J., Kleingartner, L., & Markell, S. (2019). Comprehensive disease survey of U.S. sunflower: Disease trends, research priorities and unanticipated impacts. *Plant Disease*, 103(4), 601–618. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0980-FE>
9. Markov, I. L. (2008). Khvoroby soniashnyku [Diseases of sunflower]. *Ahronom*, (1), 94–108. [in Ukrainian]
10. Andriichuk, T. O., Skoreiko, A. M., & Kuvshynov, O. Ya. (2021). Otsinka fitosanitarnoho stanu posiviv soniash-nyku v zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [Assessment of the phytosanitary state of sunflower crops in the western Forest-Steppe of Ukraine]. *Zakhyst i Karantyn Roslyn*, (67), 73–84. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.73-84> [in Ukrainian]
11. Balan, H. O. (2018). Porivnialnyi analiz vydovoho skladu zbudnykiv khvorob soniashnyku v umovakh Prychornomorskoho Stepu Ukrainy [Comparative analysis of the species composition of sunflower patho-gens in the conditions of the Black Sea Steppe of Ukraine]. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria*, (88), 32–40. [in Ukrainian]

REFERENCES:

1. Sydiakina, O. V., & Hamaiunova, V. V. (2023). Suchasnyi stan ta perspektyvy vyrobnytstva nasinnia soniashnyku [Current state and prospects of sunflower seed pro-duction]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, (131), 196–204.

12. Retman, S. V., & Bazykina, N. H. (2019). Funhitysydni zakhyst soniashnyku vid osnovnykh khvorob lystia [Fungicidal protection of sunflower against major leaf diseases]. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, (5-6), 9–11. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2019_5-6_5 [in Ukrainian]
13. Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vyshcha Shkola. 334. [in Ukrainian]
14. Trybel, S. O., Siharova, D. D., Sekun, M. P., & Ivashchenko, O. O. (2001). *Metody vyprobuвання ta zastosuvannya pestystydiv* [Methods of testing and application of pesticides]. Svit. 256 [in Ukrainian]

Правдива Л.А., Степаненко М.В., Вахний С.П.
Ефективність застосування фунгіцидів від хвороб у посівах соняшника

Мета. Метою досліджень є вивчення впливу фунгіцидів та ефективність їх дії на рівень ураження та поширення хвороб у посівах соняшнику в центральній частині Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводились впродовж 2023–2025 роках в умовах СТОВ «Ім. Петровського», Черкаська область, Канівський район. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем. Погодно-кліматичні умови були типовими для зони Лісостепу України та сприятливими для вирощування соняшнику. Висівали насіння середньопізнього лінолевого гібриду Субаро (Syngenta), рекомендований для вирощування у Лісостепу України. Посівна площа ділянки – 298,0 м². Агротехніка вирощування соняшнику була загальноприйнятою для умов Лісостепу України. Сівбу проводили у 3-й декаді квітня, за температури ґрунту 8–10 °С на глибині загортання насіння 4 см. Схема досліду передбачала застосування фунгіцидного захисту соняшника (обробка рослин препаратами): 1. контроль, 2. Адепідин 75 г/л + дифеноконазол 125 г/л + азоксистробін 125 г/л – 1 л/га, 3. Азоксистробін 200 г/л + тебуконазол 120 г/л – 1 л/га, 4. Протіоконазол 250 г/л + боскалід 250 г/л – 0,5 л/га + азоксистробін 250 г/л – 0,8 л/га. **Результати.** Встановлено високу ефективність фунгіциду з діючою речовиною Адепідин 75 г/л + дифеноконазол 125 г/л + азоксистробін 125 г/л – 1 л/га, проти хвороб фомоз та гнилей кошику вона становила 98,0%, альтернаріозу і іржі 95,0 і 96,5%. **Висновок.** В центральній частині Лісостепу України було проведено облік фітосанітарного стану посівів соняшнику та визначено рівень ураження і поширення хвороб соняшнику. Встановлено ефективність впливу діючих речовин

досліджуваних фунгіцидів, найефективнішою є діюча речовина Адепідин 75 г/л + дифеноконазол 125 г/л + азоксистробін 125 г/л – 1 л/га: проти фомозу та гнилей кошику – 98,0%, альтернаріозу і іржі 95,0 і 96,5%.

Ключові слова: соняшник, іржа, фомоз, альтернаріоз, гнилі, ефективність фунгіцидів.

Pravdyva L.A., Stepanenko M.V., Vakhniy S.P.
Effectiveness of fungicides against diseases in sunflower crops

Purpose. The purpose of the research is to study the impact of fungicides and the effectiveness of their action on the level of damage and spread of diseases in sunflower crops in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted during 2023–2025 in the conditions of the Petrovsky Agricultural Cooperative, Cherkasy region, Kaniv district. The soil of the experimental plots is chernozem. Weather and climatic conditions were typical for the Forest-Steppe zone of Ukraine and favorable for growing sunflower. Seeds of the mid-late linoleum hybrid Subaru (Syngenta), recommended for growing in the Forest-Steppe of Ukraine, were sown. The sowing area of the plot is 298.0 m². The agricultural technology of growing sunflower was generally accepted for the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. Sowing was carried out in the 3rd decade of April, at a soil temperature of 8–10 °C at a seed embedment depth of 4 cm. The experimental scheme involved the use of fungicidal protection of sunflower (plant treatment with preparations): 1. control, 2. Adepidine 75 g/l + difenoconazole 125 g/l + azoxystrobin 125 g/l – 1 l/ha, 3. azoxystrobin 200 g/l + tebuconazole 120 g/l – 1 l/ha, 4. prothioconazole 250 g/l + boscalid 250 g/l – 0.5 l/ha + azoxystrobin 250 g/l – 0.8 l/ha. **Results.** The high efficiency of the fungicide with the active ingredient Adepidine 75 g/l + difenoconazole 125 g/l + azoxystrobin 125 g/l – 1 l/ha was established, against diseases of phomosis and basket rot it was 98.0%, against alternariosis and rust 95.0 and 96.5%. **Conclusions.** In the central part of the Forest-Steppe of Ukraine, the phytosanitary condition of sunflower crops was recorded and the level of damage and spread of sunflower diseases was determined. The effectiveness of the effect of the active ingredients of the studied fungicides was established, the most effective is the active ingredient Adepidine 75 g/l + difenoconazole 125 g/l + azoxystrobin 125 g/l – 1 l/ha: against phomosis and basket rot – 98.0%, against alternariosis and rust 95.0 and 96.5%.

Key words: sunflower, rust, phomosis, alternariosis, rots, fungicide effectiveness.

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

RESEARCH OF VALUABLE ECONOMIC INDICATORS IN SOME SPECIES OF ESSENTIAL OIL PLANTS FOR BUILDING PRODUCTIVITY MODELS

SVYDENKO A.V. – Candidate of Economic Sciences

orcid.org/0000-0002-7143-4872

Institute of Climate-Smart Agriculture

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

STEPANOVA M.M. – Candidate of Economic Sciences

orcid.org/0009-0008-5650-9232

Institute of Climate-Smart Agriculture

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Problem statement. There is a growing public interest in plant-based products for pharmaceuticals, perfumery, cosmetics, and dietary supplements. Essential oil plants play a key role in providing these industries with biologically active substances, and their processed products are strategically important commodities in global trade. Due to the high market value of certain types of essential oils, the production of these goods ensures significant export potential and high profitability for agricultural production. Essential oil-bearing crops are economically beneficial for farmers as niche crops, particularly on lands where other crops may be less productive due to climate change and soil conditions [1, 2].

With the continuing trend of rising temperatures, it is not only the south of Ukraine that may be promising for their cultivation [2]. Ukraine's natural and climatic conditions allow for the cultivation of a wide range of agricultural crops; however, Ukrainian farmers are predominantly focused on the production of traditional crops [3]. Naturally, niche crops will not be able to replace traditional oilseeds or cereals, but the gradual expansion of their production will allow for the diversification of income sources for small businesses. The adoption of innovative technologies for growing essential oil plants contributes to the increased competitiveness of small and medium-sized agribusinesses. At the same time, the integration of niche crops into the structure of sown areas serves as an effective tool for optimizing crop rotations. This helps to mitigate the negative consequences of soil degradation and depletion caused by the excessive concentration of traditional agricultural crops in the crop rotation [1].

Among promising niche crops are annual essential oil plants such as moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) and summer savory (*Satureja hortensis* L.). The herb and essential oil of these species are widely used in various sectors of the national economy.

Analysis of recent research and publications. South Siberia and China are considered the homeland of *Dracocephalum moldavica*, although it grows in the wild in the countries of Central Asia and Eastern Europe. This plant is cultivated in Europe and Asia as an essential oil-bearing crop and a valuable honey plant [4, 5]. The homeland of *Satureja hortensis* is the eastern regions

of the Mediterranean and the Black Sea. It is widespread in the countries of Western and Eastern Europe, North America, Canada, as well as in small areas in Uzbekistan, Turkmenistan, and Moldova [6].

Biochemical characteristics and utilization of moldavian dragonhead and summer savory. Essential oil, flavonoids, phenols, phenylpropanoids, lignans, terpenoids, vitamins, lipids, proteins, sugars, tannins, macro- and microelements, and other chemical components have been identified in the plant raw materials of moldavian dragonhead [5]. Plants of this species possess high antioxidant and antimicrobial effects [7]. The aerial part of moldavian dragonhead is used for medicinal purposes in folk medicine as an anti-inflammatory and sedative agent, and as a seasoning in the food industry [8]. It has been found that *D. moldavica* extracts act as an effective and biologically safe insect repellent [9]. The essential oil of *Dracocephalum moldavica* is used in the food industry, pharmaceuticals, perfumery, and cosmetology [10].

Satureja hortensis has been used as a spice since ancient times. The dried aerial parts of the plant are added to commercial spice blends for many food products to provide a pleasant aroma and flavor [11, 12]. The composition of the aerial mass of summer savory is dominated by essential oil, polyphenols, and flavonoids, and natural products supplemented with the plant possess medicinal properties [11, 12, 13]. *Satureja hortensis* is used as a folk remedy for treating various diseases [12-15]. The leaves and stems of summer savory are used as animal feed [14]. The essential oil obtained from summer savory plants can be used in the perfumery and cosmetics industry [11].

The impact of agrotechnical measures on development and economically valuable traits. Due to climate change trends toward global warming and atypical lack of precipitation, a decline in biological and valuable economic indicators of agricultural plants is observed [16]. Consequently, the need for artificial irrigation arises even in regions where it was previously provided exclusively by natural means. At the same time, excess moisture is also hazardous. Everything depends on the biological characteristics of the plant species and the soil and climatic conditions of the region where they are grown.



One of the problems of plant adaptation to local agroclimatic conditions is establishing the optimal level of heat and moisture [17].

Moldavian dragonhead and summer savory are annual herbaceous plants of the *Lamiaceae* Martynov family (Fig. 1). The root system of the plants is thin and tap-rooted, located primarily in the upper soil horizon. The stem is erect, tetrahedral, and branched. Both species have essential oil glands located on the leaves and flowers [4, 6, 18].

Moldavian dragonhead and summer savory reproduce by sowing seeds directly into the soil. Researchers working with moldavian dragonhead assert that this species is resistant to low temperatures and is moisture-loving [4]. Studies on the biological characteristics of summer savory have established that this species belongs to the thermophilic group of plants. Although it is capable of withstanding short-term temperature drops, even minor frosts lead to its destruction [2, 6].

Through studies of the ecological and biological characteristics of summer savory introduced under the conditions of the Polissya region, Ukrainian researchers assert that this species is well-adapted and promising for the agricultural sector in this region. Under introduction via seed reproduction, summer savory plants developed normally, flowered, and bore fruit, proving to be drought-resistant [19].

According to scientific research, the height of moldavian dragonhead and its aerial mass are significantly influenced by climate and agrotechnical measures during cultivation [20]. Under the conditions of the Kherson region, the plant height of moldavian dragonhead during the mass flowering phase ranges from 75.8 to 85.6 cm. The yield of floral raw materials varies from 1783 to 2093 g/m² [21].

According to the results of studies conducted in Turkey, climatic factors also have a significant impact on the yield and biochemical parameters of summer savory [22]. The influence of agrotechnical measures, including sowing dates and irrigation, on the essential oil content in plants has been confirmed by research in the Southern Steppe conditions, where the height of summer savory plants in the mass flowering phase ranges from 27.9 to 51.2 cm.

The yield of floral raw materials varies from 2.2 to 7.7 t/ha. The mass fraction of essential oil ranges from 0.4 to 0.9% [6].

Research objective. To conduct preliminary research on the economically valuable traits of moldavian dragonhead and summer savory under the conditions of the Central Forest-Steppe and compare them with literature data.

Research results. Seeds of moldavian dragonhead and summer savory, sown under the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine with a row spacing of 60 cm at three sowing dates (the second and third ten-day periods of April and the first ten-day period of May), produced full seedlings. Within the sowing periods, the onset of the initial development phases (emergence and tillering) in moldavian dragonhead and summer savory under intensive irrigation (80% of field capacity), moderate irrigation (60% of field capacity), and natural moisture conditions was recorded at nearly the same time, which was facilitated by the weather conditions in spring and early summer. In general, the duration of vegetation in both plant species depended on the sowing date and moisture regimes. Within the same sowing date, the vegetation period under irrigation was longer than under natural moisture. At later sowing dates, the vegetation period decreased [2]. The studies are consistent with data obtained by scientists under the conditions of Polissia, who state that there is a high correlation between the duration of development phases of moldavian dragonhead and temperature, and a somewhat weaker correlation with moisture [4, 18].

Biometric measurements of moldavian dragonhead and summer savory showed that under different moisture regimes, plants at the early stages of development (emergence and tillering) differ little in height and diameter. Active plant growth in height in both species is observed during the tillering, budding, and early flowering stages. At the stage of mass flowering, growth rates decrease and terminal growth of plants virtually ceases [23]. However, in summer savory, plants of the first and second sowing dates under intensive irrigation continue to show a slight increase in height. This occurs due to the elongation of shoots at the top of the plants. The plants become less compact.



A



B

Fig. 1. Annual aromatic plants at the stage of mass flowering:
a – moldavian dragonhead, b – summer savory (author's photo)

Within a single sowing date, the highest height values in both species were recorded in plants under intensive irrigation; slightly lower values (by only 1–2 cm) were observed in plants under moderate irrigation, and significantly lower values were found under natural moisture conditions [2].

Comparing plant height across all sowing dates, it was established that in moldavian dragonhead the maximum height was observed in plants of the first sowing date under intensive irrigation, ranging from 65 to 93 cm, while the minimum was recorded in plants of the third sowing date under natural moisture conditions, averaging 68 cm. Considering all sowing dates in summer savory, the highest values were observed in plants of the second sowing date under intensive irrigation, averaging 55 cm, while the lowest were recorded in plants of the third sowing date under natural moisture conditions, averaging 39 cm.

According to the literature, the economically valuable traits of moldavian dragonhead and summer savory include the yield of aboveground biomass and the essential oil content in it [24].

During growth and development, plants of both species form aboveground biomass that gradually increases across developmental stages, reaching a maximum at the flowering stage and decreasing at the fruiting stage due to lignification of shoots and a reduction in leaf moisture, which is characteristic of this phase.

It was established that within a given sowing date, plants of moldavian dragonhead and summer savory exhibited the highest aboveground biomass under intensive irrigation, somewhat lower under moderate irrigation, and the lowest under natural moisture conditions. The maximum aboveground biomass in moldavian dragonhead was recorded in plants of the first sowing date under intensive irrigation (from 240 g per plant at the beginning of flowering to 525 g at the stage of mass flowering), while the lowest values were observed in plants of the third sowing date under natural moisture conditions (from 105 g per plant at the beginning of flowering to 258 g at the stage of mass flowering).

In summer savory, the highest aboveground biomass values were observed in plants of the second sowing date under intensive irrigation (from 167 g per plant at the beginning of flowering to 232 g at the end of flowering), while the lowest were recorded in plants of the third sowing date under natural moisture conditions (from 36 g per plant at the beginning of flowering to 86 g at the end of flowering).

Determination of essential oil content in moldavian dragonhead and summer savory at different developmental stages showed that the mass fraction of essential oil in plant material gradually increases, reaching a maximum in the middle of the mass flowering stage. At the end of flowering – the beginning of fruiting, this indicator slightly decreases. A similar pattern was established by scientists studying the essential oil content of moldavian dragonhead under the conditions of the Southern Steppe: during plant development, the mass fraction of essential oil increases from the vegetative growth stage (0.05%) and reaches a maximum during full flowering (0.17%), while the end of flowering is accompanied by a decrease to 0.13% [21].

Under the conditions of the Central Forest-Steppe, within the analyzed sowing dates, the maximum essential

oil content was recorded in plants receiving natural moisture, while the minimum values were observed in plants under intensive irrigation. The mass fraction of essential oil in moldavian dragonhead plants throughout the entire flowering phase ranged from 0.02% to 0.15% of the fresh weight. The maximum indicators of essential oil mass fraction in moldavian dragonhead were noted in the natural moisture variants, which were practically identical for the first and second sowing dates (0.14% and 0.15% of the fresh weight). High essential oil biosynthesis under insufficient moisture conditions can be explained as a plant defense mechanism against drought. However, the highest essential oil yield per plant was recorded in plants from the second sowing date under moderate irrigation (0.50 g per plant during the mass flowering phase). Slightly lower indicators were obtained from plants of the third sowing date under intensive irrigation (0.47 g per plant during the mass flowering phase).

The essential oil content in summer savory throughout the entire flowering phase ranges from 0.21% to 0.50% of the fresh weight. Comparing the mass fraction indicators of essential oil across all sowing dates for summer savory, the maximum values were recorded in plants from the second sowing date under natural moisture conditions (0.50% of the fresh weight during the mass flowering phase), while the minimum values were observed in plants from the first and third sowing dates under intensive irrigation (0.25% of the fresh weight during the mass flowering phase). The essential oil yield per summer savory plant during the mass flowering period ranged from 0.40 to 0.78 g. The maximum indicators were recorded in plants from the second sowing date under moderate irrigation (0.78 g per plant), and the minimum in plants from the third sowing date under natural moisture conditions (0.38 g per plant).

The low productivity indicators of plants for both studied species in the natural moisture variant are explained by the lowest aerial mass indicators; however, the application of intensive irrigation leads to a decrease in the mass fraction of essential oil in the plant raw material. Sowing dates have an equally significant impact on the productivity of both plant species, as essential oil biosynthesis also depends on the temperature regime. The data obtained under the conditions of the Central Forest-Steppe are partially consistent with data obtained in other regions [18, 21, 25].

Findings. Thus, moldavian dragonhead and summer savory are valuable essential oil plants that can be successfully cultivated in various climatic zones of Ukraine. The yield and essential oil output of the studied species are significantly influenced by sowing dates, the availability of irrigation, and the biological characteristics of the crop. It was established that during the initial stages of development in both moldavian dragonhead and summer savory, the onset of early phenological phases and biometric indicators are practically identical across all moisture variants within the same sowing dates. However, at later stages of development, when precipitation is absent and plants require moisture, a clear trend is observed in both species: within a given sowing date, plants receiving irrigation show superior height and aerial mass indicators, while the minimum values are found in plants receiving natural moisture.

Conversely, the mass fraction of essential oil is maximal in both species under natural moisture conditions. Ultimately, the essential oil yield per plant is maximal in plants from the intermediate sowing date under moderate irrigation. The results obtained can be utilized to construct plant productivity models.

BIBLIOGRAPHY:

1. Манушкіна Т.М., Бітун В.В., Чехместренко Д.Ю. Сучасний стан та перспективи вирощування ефіроолійних культур в умовах Південного Степу України. *Актуальні проблеми землеробської галузі: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції*. 2025. 76–78. <https://doi.org/10.58246/SREC7881>
2. Svydenko A.V., Valentyk N.O., Svydenko L.V. Formation of economically valuable indicators of *Satureja hortensis* L. in the conditions of the Central Forest-Steppe depending on agrotechnical methods of cultivation. *Аграрні інновації*. 2025. №31. С. 193–199.
3. Байдала В.В., Мірзоева Т.В., Мірзоев Т.Д. Господарська цінність технічних нішевих культур і перспективи розвитку їхнього виробництва. *Економіка і управління бізнесом*, 4(1). 2023. [https://doi.org/10.31548/economics14\(1\).2023.001](https://doi.org/10.31548/economics14(1).2023.001).
4. Котюк Л.А., Іващенко І.В., Рахметов Д.Б., Борисюк Б.В. Сезонні ритми розвитку рослин *Dracocephalum moldavica* за інтродукції в умовах Центрального Полісся України. *Екологічні науки*. № 6(39). 2021. С. 192–198. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.33>
5. Meng Zhan, Miao Ma, Xiyan Mo, et al. *Dracocephalum moldavica* L.: an updated comprehensive review of its botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and application aspects. *Fitoterapia*. 2024. Vol. 172. 105732. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2023.105732>
6. Коваленко О.А., Стеблiченко О.І. Ріст та розвиток чаберу садового (*Satureja hortensis* L.) залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки)*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Крути, Черніг. обл., 14-15 бер. 2018 р.). Обухів: Друкарня ФОП Гуляєва В. М., 2018. Т. 3. С. 126–132.
7. Evaluation of the Cytotoxic, Antioxidative and Antimicrobial Effects of *Dracocephalum moldavica* L. Cultivars / Simea Ş., Ielciu I., Hanganu D., Niculae M., Pall E., Burtescu R.F., Olah N.-K., Cenariu M., Oniga I., Benedec D., et al. *Molecules*, 2023. 28. 1604. <https://doi.org/10.3390/molecules28041604>
8. The phenolic compounds from *Dracocephalum moldavica* L. / Li-Na Yang, Jian-Guo Xing, Cheng-Hui He, Tong Wu. *Biochemical Systematics and Ecology*. Volume 54, June 2014. P. 19–22. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2013.12.009>
9. Hussein A.H. Said-Al Ahl, Ali S. Sabra, et al. Changes in content and chemical composition of *Dracocephalum moldavica* L. essential oil at different harvest dates. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 2015. 3(2): 61–64. <https://www.plantsjournal.com/archives/2015/vol3issue2/PartA/3-2-21.1-859.pdf>
10. Svidenko L., Karnatovska M. Essential oil plant species. *Publication for Specialized Courses of the International Project FarmersEduca Neglected and Underutilized Species in the Socio-Economic Rural Development*. Slovak University of Agriculture in Nitra. 2018. P. 105. <https://doi.org/10.15414/2018.fe-9788055218502> <http://www.slpk.sk/eldo/2018/dl/9788055218502/9788055218502.html>
11. Fierascu I., Elena Dinu-Pirvu C., Claudiu R. Fierascu, et al. Phytochemical Profile and Biological Activities of *Satureja hortensis* L.: A Review of the Last Decade. *Molecules*. 2018. Vol. 23. Issue 10. 2458; <https://doi.org/10.3390/molecules23102458>
12. Şahin F., Karaman İ., Güllüce M., et al. Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L. *Journal of Ethnopharmacology*. 2003. Vol. 87, Issue 1. P. 61–65 [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00110-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00110-7)
13. Javad Hadian, Samad Nejad Ebrahimi, Peyman Salehi. Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran. *Industrial Crops and Products*. 2010. Vol. 32, Issue 1. P. 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.006>
14. Afaf Ejaz, Sadaf Waliat, Muhammad Sajid Arshad, et al. A comprehensive review of summer savory (*Satureja hortensis* L.): promising ingredient for production of functional foods. *Ethnopharmacology*. 2023. Vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1198970>
15. Ramona A. Popovici, Delia Vaduva, Iulia Pinzaru, et al. A comparative study on the biological activity of essential oil and total hydro-alcoholic extract of *Satureja hortensis* L. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2019. Vol. 18 Issue 2. P. 932–942. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.7635>
16. Khaleghnezhad V., Yousefi A.R., Tavakoli A., et al. Concentrations-dependent effect of exogenous abscisic acid on photosynthesis, growth and phenolic content of *Dracocephalum moldavica* L. under drought stress. *Planta*. 2021 May 25;253(6):127. doi: 10.1007/s00425-021-03648-7.
17. Мойсієнко В. В., Назарчук О.П. Урожайність ромашки лікарської залежно від строків сівби та удобрення в умовах змін клімату. *Наукові горизонти*. 2019, № 2 (75) С. 3–12. doi: 10.48077/2663-2144-2019-75-2-3-12
18. Котюк Л.А. Морфологічні особливості *Dracocephalum moldavica* L. у зв'язку з інтродукцією у ботанічному саду ЖНАЕУ. *Modern Phytomorphology*. № 4. 2013. С. 293–297.
19. Котюк Л.А., Іващенко І.В. Чабер садовий (*Satureja hortensis*) в умовах ботанічного саду Поліського національного університету. *Екологічні науки*. 2022. № 5 (44). С. 201–206. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.30>
20. Moldovan C., Nițu S., Hermezi M., et al. Growth Characteristics of *Dracocephalum moldavica* L. in Relation to Density for Sustainable Cropping Technology Development. *Agriculture*. 2022; 12(6):789. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060789>
21. Овечко С. В. Біологічні особливості і господарсько-цінні ознаки *Dracocephalum moldavica* L. в умовах Нижнього Придніпров'я Херсонської області. Автореф. дисерт. ... канд. біол. наук зі спец. ботаніка 03.00.05. Ялта, 2003. 20 с
22. Duran Katar, Oya Kacar, Nimet Kara, et al. Ecological variation of yield and aroma components of summer savory (*Satureja hortensis* L.) *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*.

2017. Vol. 7. P. 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.07.005>
23. Svydenko A. Determination of the dependence of economically valuable indicators of Moldavian Dragonhead on growing conditions. *Agriculture for Life, Life for Agriculture: International Conference. Book of Abstracts Section 1 Agronomy*. Bucharest, 2025. P. 195.
 24. Свиденко Л.В. Перспективні ефіроолійні види роду *Satureja* L. в умовах Херсонської області. *Й.К. Пачоський та сучасна ботаніка: матеріали міжнародної конференції*. Херсон: Айлант, 2004. С. 363–365.
 25. Коваленко О. А., Стебличенко О. І. Урожайність та економічна ефективність вирощування чаберу садового (*Satureja hortensis* L.) в умовах Південного Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 74. С. 169–177.
- REFERENCES:**
1. Manushkina, T. M., Bitun, V. V., & Chekhmestrenko, D. Yu. (2025). Suchasnyi stan ta perspektyvy vyroshchuvannya efirooliinykh kultur v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Current state and prospects of essential oil crops cultivation in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Aktualni problemy zemlerobskoi haluzi* (pp. 76–78). Kherson. <https://doi.org/10.58246/SREC7881> [in Ukrainian].
 2. Svydenko, A. V., Valentyk, N. O., & Svydenko, L. V. (2025). Formation of economically valuable indicators of *Satureja hortensis* L. in the conditions of the Central Forest-Steppe depending on agrotechnical methods of cultivation. *Agrarian Innovations*, (31), 193–199. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.31.30>
 3. Baidala, V. V., Mirzoeva, T. V., & Mirzoev, T. D. (2023). Hospodarska tsinnist tekhnichnykh nishevykh kultur i perspektyvy rozvytku yikhnoho vyrobnytstva [Economic value of technical niche crops and prospects for the development of their production]. *Business Economics and Management*, 14(1). [https://doi.org/10.31548/economics14\(1\).2023.001](https://doi.org/10.31548/economics14(1).2023.001) [in Ukrainian].
 4. Kotiuk, L. A., Ivashchenko, I. V., Rakhmetov, D. B., & Borysiuk, B. V. (2021). Sezonni rytmy rozvytku roslin *Dracocephalum moldavica* za introduksii v umovakh tsentralnoho polissia Ukrainy [Seasonal rhythms of *Dracocephalum moldavica* plant development during introduction in the conditions of the central Polissya of Ukraine]. *Ecological Sciences*, (6), 192–198. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.33> [in Ukrainian].
 5. Meng, Z., Miao, M., & Xiyan, M., et al. (2024). *Dracocephalum moldavica* L.: an updated comprehensive review of its botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and application aspects. *Fitoterapia*, 172, 105732. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2023.105732>
 6. Kovalenko, O. A., & Steblichenko, O. I. (2018). Rist ta rozvytok chaberu sadovoho (*Satureja hortensis* L.) zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Growth and development of summer savory (*Satureja hortensis* L.) depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Osnovni, maloposhyreni i netradytsiini vydy roslin – vid vyvchennia do osvoiennia* (Vol. 3, pp. 126–132). Obukhiv. [in Ukrainian].
 7. Simea, Ș., Ielciu, I., & Hanganu, D., et al. (2023). Evaluation of the Cytotoxic, Antioxidative and Antimicrobial Effects of *Dracocephalum moldavica* L. Cultivars. *Molecules*, 28(4), 1604. <https://doi.org/10.3390/molecules28041604>
 8. Yang, L. N., Xing, J. G., He, C. H., & Wu, T. (2014). The phenolic compounds from *Dracocephalum moldavica* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, 54, 19–22. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2013.12.009>
 9. Said-Al Ahl, H. A. H., & Sabra, A. S., et al. (2015). Changes in content and chemical composition of *Dracocephalum moldavica* L. essential oil at different harvest dates. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(2), 61–64.
 10. Svidenko, L., & Karnatovska, M. (2018). *Essential oil plant species*. Nitra: Slovak University of Agriculture. <https://doi.org/10.15414/2018.fe-9788055218502>
 11. Fierascu, I., & Dinu-Pirvu, C. E., et al. (2018). Phytochemical Profile and Biological Activities of *Satureja hortensis* L.: A Review of the Last Decade. *Molecules*, 23(10), 2458. <https://doi.org/10.3390/molecules23102458>
 12. Şahin, F., & Karaman, İ., et al. (2003). Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 87(1), 61–65. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00110-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00110-7)
 13. Hadian, J., Ebrahimi, S. N., & Salehi, P. (2010). Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran. *Industrial Crops and Products*, 32(1), 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.006>
 14. Ejaz, A., Waliat, S., et al. (2023). A comprehensive review of summer savory (*Satureja hortensis* L.): promising ingredient for production of functional foods. *Frontiers in Pharmacology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1198970>
 15. Popovici, R. A., & Vaduva, D., et al. (2019). A comparative study on the biological activity of essential oil and total hydro-alcoholic extract of *Satureja hortensis* L. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 18(2), 932–942. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.7635>
 16. Khaleghnezhad, V., & Yousefi, A. R., et al. (2021). Concentrations-dependent effect of exogenous abscisic acid on photosynthesis, growth and phenolic content of *Dracocephalum moldavica* L. under drought stress. *Planta*, 253(6), 127. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03648-7>
 17. Moisiienko, V. V., & Nazarchuk, O. P. (2019). Urozhasnist romashky likarskoi zalezno vid strokiv sivby ta udobrennia v umovakh zmin klimatu [Yield of chamomile depending on sowing dates and fertilization under climate change]. *Scientific Horizons*, (2), 3–12. <https://doi.org/10.48077/2663-2144-2019-75-2-3-12>
 18. Kotiuk, L. A. (2013). Morfolohichni osoblyvosti *Dracocephalum moldavica* L. u zviazku z introduktsiieiu u botanichnomu sadu ZhNAEU [Morphological features of *Dracocephalum moldavica* L. in connection with introduction in the botanical garden of ZhNAEU]. *Modern Phytomorphology*, (4), 293–297 [in Ukrainian].
 19. Kotiuk, L. A., & Ivashchenko, I. V. (2022). Chaber sadovyi (*Satureja hortensis*) v umovakh botanichnoho sadu Poliskoho natsionalnoho universytetu [Summer savory (*Satureja hortensis*) in the conditions of the botanical garden of Polissia National University]. *Ekolohichni nauky*, 5(44), 201–206. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.30> [in Ukrainian].

20. Moldovan, C., Nițu, S., Hermeziu, M., Vidican, R., Sandor, M., Gădea, Ș., David, A., Stoian, V.A., Vâtcă, S.D., & Stoian, V. (2022). Growth Characteristics of *Dracocephalum moldavica* L. in Relation to Density for Sustainable Cropping Technology Development. *Agriculture*, 12(6), 789. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060789>
21. Ovechko, S. V. (2003). Biologichni osoblyvosti i hospodarsko-tsinni oznaky *Dracocephalum moldavica* L. v umovakh Nyzhnogo Prydniprov'ia Khersonskoi oblasti [Biological features and economic-valuable traits of *Dracocephalum moldavica* L. in the conditions of the Lower Dnieper region of the Kherson region]. *Extended abstract of candidate's thesis*, Yalta. [In Ukrainian].
22. Katar, D., Kacar, O., Kara, N., Aytaç, Z., Göksu, E., Kara, S., Katar, N., Erbaş, S., Telci, İ., & Elmastaş, M. (2017). Ecological variation of yield and aroma components of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 7, 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.07.005>
23. Svydenko, A. (2025). Determination of the dependence of economically valuable indicators of Moldavian Dragonhead on growing conditions. In *Agriculture for Life, Life for Agriculture: International Conference. Book of Abstracts Section 1 Agronomy* (p. 195). Bucharest.
24. Svydenko, L. V. (2004). Perspektivni efirooliini vydy rodu *Satureja* L. v umovakh Khersonskoi oblasti [Promising essential oil species of the genus *Satureja* L. in the conditions of Kherson region]. Y.K. *Pachoskyi ta suchasna botanika: materialy mizhnarodnoi konferentsii* (pp. 363–365). Kherson : Ailant [in Ukrainian].
25. Kovalenko, O.A., & Steblichenko, O.I. (2020). Urozhainist ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya chaberu sadovoho (*Satureja hortensis* L.) v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Yield and economic efficiency of growing summer savory (*Satureja hortensis* L.) in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, (74), 169–177 [in Ukrainian].

Svydenko A.V., Stepanova M.M. Research of valuable economic indicators in some species of essential oil plants for building productivity models

Purpose. To conduct preliminary studies of valuable economic indicators of the moldavian dragonhead and summer savory in the conditions of the Central Forest-Steppe and compare them with literature data. **Results.** Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) and summer savory (*Satureja hortensis* L.) are promising essential oil crops. Scientists in different regions of Ukraine and abroad have been studying the biological features and economically valuable indicators of these crops. According to literature data, agrotechnical measures affect crop yield, essential oil content and plant productivity. In the conditions of the Central Forest-Steppe, the yield and mass fraction of essential oil in *Dracocephalum moldavica* and *Satureja hortensis* depended on both the sowing dates and the level of moisture within one term. Plants that received intensive irrigation had the highest yield but lower essential oil content. The maximum mass fraction of essential oil in plant raw materials in *Dracocephalum moldavica* was obtained in the variants of natural moisture in the first and second sowing dates (0.15 and 0.14% of freshly harvested raw

materials, respectively), and in *Satureja hortensis* – in the second sowing date in the variant of natural moisture (0.50%). The highest yield of essential oil from one plant in *Dracocephalum moldavica* and *Satureja hortensis* was recorded in plants of the second sowing date in the variant of moderate irrigation (0.50 g and 0.78 g, respectively). **Conclusion.** The yield and mass fraction of essential oil in moldavian dragonhead and summer savory depend on both the sowing dates and the level of moisture within one term. Irrigation has a positive effect on plant yield. The highest yield of essential oil from one plant in both species was recorded in plants of the second sowing date in the moderate irrigation variant. The data obtained in the conditions of the Central Forest-Steppe partially agree with the data obtained in other regions and can be used to build productivity models of the studied crops.

Key words: *Dracocephalum moldavica*, *Satureja hortensis*, irrigation, sowing dates, yield, essential oil.

Свиденко А.В., Степанова М.М. Дослідження цінних господарських показників у деяких видів ефіроолійних рослин для побудови моделей продуктивності

Мета. Провести попередні дослідження цінних господарських показників у змієголовника молдавського та чабера садового в умовах Центрального Лісостепу та порівняти їх з літературними даними. **Результати.** Змієголовник молдавський (*Dracocephalum moldavica* L.) та чабер садовий (*Satureja hortensis* L.) – перспективні ефіроолійні культури. Вивченням біологічних особливостей та господарсько-цінних показників цих культур займалися вчені в різних регіонах України так і за її межами. Згідно літературних даних на урожайність, вміст ефірної олії та продуктивність рослин впливають агро-технічні заходи. В умовах Центрального Лісостепу урожайність та масова частка ефірної олії у *Dracocephalum moldavica* і *Satureja hortensis* залежали як від строків сівби так і від рівня зволоження в межах одного строку. Рослини, які отримували інтенсивне зрошення мали найвищу урожайність але нижчі показники вмісту ефірної олії. Максимальні показники масової частки ефірної олії в рослинній сировині у *Dracocephalum moldavica* отримано у варіантах природного зволоження за першого та другого строків сівби (0,15 і 0,14% від свіжозібраної сировини, відповідно), а у *Satureja hortensis* – за другого строку сівби у варіанті природного зволоження (0,50%). Найбільший вихід ефірної олії з однієї рослини у *Dracocephalum moldavica* та *Satureja hortensis* зафіксовано у рослин другого строку сівби у варіанті помірного зрошення (0,50 г та 0,78 г, відповідно). **Висновок.** Урожайність та масова частка ефірної олії у змієголовника молдавського та чабера садового залежать як від строків сівби так і від рівня зволоження в межах одного строку. Зрошення позитивно впливає на урожайність рослин. Найбільший вихід ефірної олії з однієї рослини в обох видів зафіксовано у рослин другого строку сівби у варіанті помірного зрошення. Дані, отримані в умовах Центрального Лісостепу частково узгоджуються з даними, отриманими в інших регіонах і можуть використовуватись для побудови моделей продуктивності досліджуваних культур.

Ключові слова: змієголовник молдавський, чабер садовий, зрошення, строки сівби, урожайність, ефірна олія.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СОРТОВИХ РЕСУРСІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В УКРАЇНІ

СИДЯКІНА О.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-8812-6078

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ІВАНІВ М.О. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-4793-6194

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) є однією з найбільш поширених зернобобових культур світу, що поєднує високу харчову цінність, здатність до біологічної фіксації азоту та важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки. В умовах глобальних змін клімату та необхідності диверсифікації аграрного виробництва її значення у забезпеченні населення рослинним білком і розвитку сталих систем землеробства суттєво зростає. Ефективність виробництва квасолі в Україні значною мірою визначається сортовим складом, здатністю сортів реалізовувати свій продуктивний потенціал у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах та рівнем оновлення селекційних ресурсів [1, 2].

Незважаючи на позитивну динаміку розвитку культури, комплексний аналіз сучасного стану виробництва у поєднанні з оцінкою структури сортів ресурсів, їх походження та регіональної адаптації залишається недостатньо висвітленим. Це обумовлює необхідність дослідження сучасних тенденцій розвитку галузі та особливостей формування сортового асортименту квасолі в Україні як наукової основи для подальшого вдосконалення селекції та ефективного використання генетичних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасний стан наукових досліджень характеризується зростанням інтересу до квасолі звичайної як важливої зернобобової культури, що має значний агробіологічний, продовольчий і економічний потенціал. У численних наукових працях висвітлюється її значення у формуванні сталих агроєкосистем, підтриманні та відновленні родючості ґрунтів завдяки симбіотичній азотфіксації, оптимізації структури сівозмін, підвищенні екологічної стійкості агроландшафтів, диверсифікації сільськогосподарського виробництва та забезпеченні адаптації землеробства до сучасних кліматичних змін [3–5].

Одним із провідних напрямів наукових досліджень є оцінка генетичного різноманіття та вдосконалення селекції квасолі. Встановлено, що використання сучасних геномних технологій, молекулярних маркерів, геномної селекції та широкого генетичного різноманіття значно прискорює створення високопродуктивних сортів, стійких до абіотичних і біотичних стресів [6–8].

Вагоме місце у сучасній науковій літературі займають дослідження біологічної та харчової цінності зерна

квасолі. Доведено перспективність його використання як джерела рослинного білка, харчових волокон, мінеральних елементів і біологічно активних сполук, а також як сировини для виробництва функціональних харчових продуктів. Значну увагу приділено біофортificaції сортів за вмістом заліза і цинку та підвищенню їх функціональних властивостей [9, 10].

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, в Україні недостатньо висвітлено питання комплексного аналізу сучасного стану виробництва квасолі у взаємозв'язку зі структурою сортів ресурсів Державного реєстру сортів рослин, їх географічним походженням, рекомендованими зонами вирощування та інтенсивністю оновлення сортового складу. Саме тому комплексне дослідження сучасних тенденцій розвитку виробництва та особливостей формування сортів ресурсів квасолі звичайної є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору.

Мета дослідження – провести комплексний аналіз сучасного стану виробництва квасолі звичайної в Україні, дослідити динаміку посівних площ, урожайності та валового збору культури, а також оцінити структуру сортів ресурсів, занесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, за напрямом використання, рекомендованими зонами вирощування, країнами-оригінаторами, умовами вирощування та динамікою реєстрації сортів.

Матеріали та методика досліджень. Матеріалами досліджень слугували офіційні статистичні дані Державної служби статистики України щодо площ посівів, урожайності та валових зборів квасолі звичайної [11], а також відомості Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, станом на червень 2026 р. [12]. У процесі досліджень використовували загальнонаукові та спеціальні методи: монографічний – для опрацювання наукових джерел; статистико-економічний – для аналізу динаміки виробництва квасолі; порівняльний – для оцінки змін показників у часовому розрізі; структурний аналіз – для визначення особливостей формування сортів ресурсів; графічний – для наочного відображення результатів досліджень; узагальнення та систематизації – для формування висновків щодо сучасних тенденцій розвитку виробництва і сортового складу культури.



Результати досліджень. Аналіз статистичних даних свідчить, що протягом 2015–2025 рр. виробництво зерна квасолі в Україні характеризувалося нестабільною, але загалом позитивною динамікою основних виробничих показників (табл. 1).

За досліджуваний період площі посівів культури зросли з 35,5 до 44,8 тис. га, або на 9,3 тис. га (26,2%). Найменшими вони були у 2015–2016 рр., найбільшими – у 2024 р. У 2022 р. в умовах воєнного стану та триваючих повномасштабних бойових дій площі посівів скоротилися до 37,0 тис. га, що стало найнижчим показником після 2020 р.

Аналогічною була і динаміка обсягів виробництва зерна квасолі. Якщо у 2015 р. було зібрано 48,0 тис. т зерна, то у 2021 р. – 79,8 тис. т, що є найвищим показником за досліджуваний період. У 2022 р. валовий збір зменшився до 58,9 тис. т, або на 26,2% порівняно з попереднім роком, проте уже у 2023–2025 рр. простежувалося поступове відновлення виробництва. Зокрема, у 2024 р. обсяги виробництва становили 79,6 тис. т, що практично відповідало максимальному значенню 2021 р.

Урожайність зерна квасолі варіювала в межах від 1,35 у 2015 р. до 1,77 т/га у 2018 р. Після 2018 р. врожайність зерна квасолі суттєво не змінювалася і варіювала в межах 1,53–1,69 т/га.

Аналіз урожайності зерна квасолі за категоріями господарств свідчить про суттєві відмінності у рівні

продуктивності між фермерськими господарствами та господарствами населення (рис. 1).

Упродовж 2018–2025 рр. фермерські господарства стабільно отримували більш високий рівень урожайності, ніж господарства населення. Так, у 2018 р. урожайність у фермерських господарствах становила 2,13 т/га, що на 0,67 т/га, або 45,9%, перевищило показник господарств населення (1,46 т/га). Найбільшу різницю між категоріями виробників визначено у 2022 р., коли врожайність у фермерських господарствах досягла 2,48 т/га, а у господарствах населення вона становила лише 1,50 т/га. Після 2022 р. урожайність квасолі у фермерських господарствах знизилася до 1,43–1,58 т/га, що пов'язано з негативним впливом воєнних дій, порушенням технологічних процесів і несприятливими погодними умовами. Урожайність у господарствах населення залишалася відносно сталою та варіювала в межах 1,42–1,70 т/га. У 2025 р. показники обох категорій виробників практично зрівнялися і становили відповідно 1,58 та 1,57 т/га.

Аналіз структури сортових ресурсів квасолі, внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, свідчить про переважання овочевого напрямку селекції (рис. 2). Із загальної кількості зареєстрованих сортів (58) найбільшу частку становить квасоля звичайна овочева – 39 сортів, або 67,2%. Частка квасолі звичайної зернової є майже вдвічі меншою і становить 19 сортів, або 32,8%.

Таблиця 1

Динаміка основних показників виробництва зерна квасолі в Україні

Показник	Рік										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Площа посівів, тис. га	35,5	35,6	40,4	40,3	42,0	48,5	48,4	37,0	41,7	51,2	44,8
Урожайність, т/га	1,35	1,50	1,59	1,77	1,53	1,55	1,64	1,59	1,69	1,56	1,62
Валовий збір, тис. тонн	48,0	53,6	64,3	71,2	64,3	75,1	79,8	58,9	71,0	79,6	72,6

Джерело: Державна служба статистики України [11]

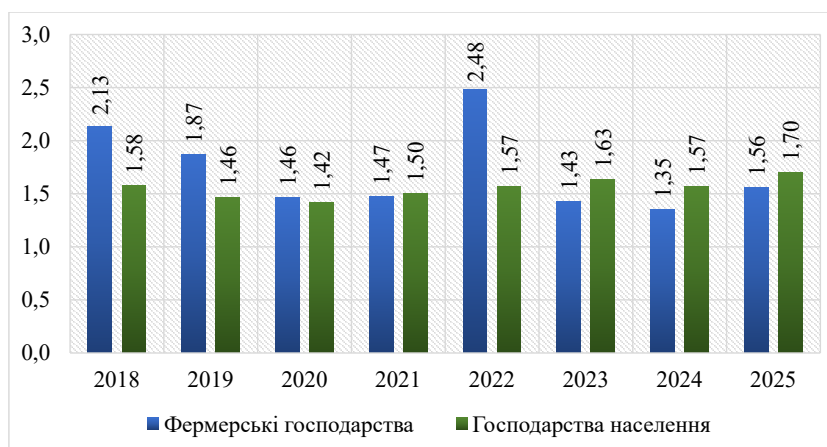


Рис. 1. Динаміка врожайності зерна квасолі в Україні за категоріями господарств, т/га

Джерело: Державна служба статистики України [11]



Рис. 2. Структура сортових ресурсів квасолі, внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні

Аналіз розподілу сортів квасолі звичайної за рекомендованими зонами вирощування свідчить про високий рівень адаптивності зареєстрованого сортименту до різних ґрунтово-кліматичних умов України (табл. 2). Одночасно між зерною та овочевою формами простежуються певні відмінності щодо територіальної спеціалізації їх вирощування.

Серед сортів квасолі звичайної зернової найбільшу частку становлять сорти, рекомендовані для вирощування в зонах Степу і Лісостепу (СЛ) – 9 сортів, або 47,4% від загальної кількості. Для умов Лісостепу рекомендовано 5 сортів (26,3%), а для зон Лісостепу і Полісся (ЛП) – 4 сорти (21,0%). Лише один сорт (5,3%) характеризується широкою екологічною пластичністю та рекомендований для вирощування в усіх зонах України. Проаналізовані дані свідчать про орієнтацію селекційної роботи переважно на регіони з найбільш сприятливими тепловими ресурсами та достатнім рівнем забезпеченості вологою, що сприяє формуванню високих рівнів урожайності зерна квасолі.

Для квасолі звичайної овочевої характерний інший розподіл сортів. Переважну більшість із них (25 сортів, або 64,1%) рекомендовано для вирощування в усіх природно-кліматичних зонах України, що свідчить про

високий рівень адаптивності сучасних сортів квасолі овочевої та можливість їх широкого впровадження у виробництво незалежно від регіону вирощування. Ще 4 сорти (10,3%) рекомендовані для зон Лісостепу і Полісся, і 7 сортів (17,9%) призначені для вирощування в умовах захищеного ґрунту. Крім того, до Реєстру внесено 3 сорти (7,7%), які можна вирощувати як у відкритому, так і закритому ґрунті. Загалом, переважна більшість сортів квасолі звичайної призначена для вирощування у відкритому ґрунті – 82,8% (рис. 3).

Аналіз географічного походження сортових ресурсів показав кардинальну відмінність між двома напрямками використання культури (табл. 3). Сортів асортимент квасолі зернової на 100% сформований сортами української селекції, що свідчить про повну імпорто-незалежність та високий рівень вітчизняних селекційних програм у цьому сегменті. Натомість ринок квасолі овочевої є глибоко диверсифікованим та залежним від іноземної селекції: частка українських сортів становить лише 38,5%, а сумарна частка європейських країн-оригінальних сягає 61,5%, де основними країнами є Нідерланди (33,3%) та Польща (10,3%).

Аналіз хронологічної структури формування сортових ресурсів квасолі звичайної в Україні свідчить про

Таблиця 2

Розподіл сортів квасолі звичайної за рекомендованими зонами вирощування

Ботанічний таксон	Рекомендована зона вирощування	Кількість сортів, шт.	Частка, %
Квасоля звичайна (зернова)	Лісостеп (Л)	5	26,3
	Степ-Лісостеп (СЛ)	9	47,4
	Лісостеп-Полісся (ЛП)	4	21
	Степ-Лісостеп-Полісся (СЛП)	1	5,3
	Всього	19	100,0
Квасоля звичайна (овочева)	Лісостеп-Полісся (ЛП)	4	10,3
	Степ-Лісостеп-Полісся (СЛП)	25	64,1
	Захищений ґрунт	7	17,9
	СЛП + захищений ґрунт	3	7,7
	Всього	39	100,0

Джерело: Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні [12]

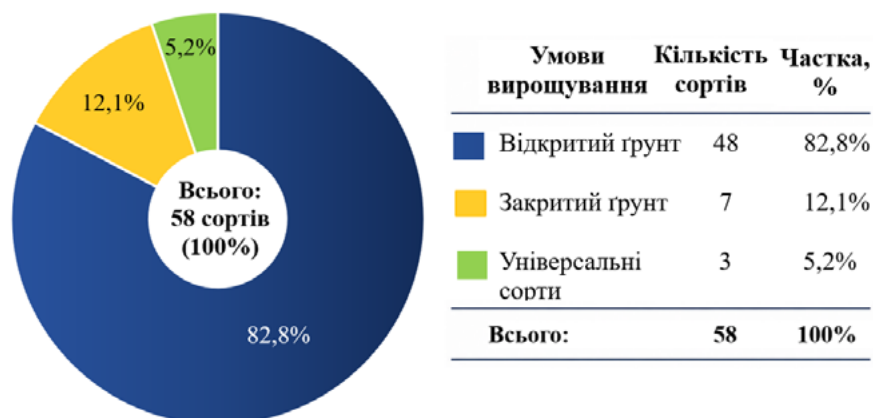


Рис. 3. Структура сортів квасолі звичайної за умовами вирощування

Джерело: Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні [12])

Таблиця 3

Країни-оригінатори сортів квасолі (джерело: Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні [12])

Ботанічний таксон	Країна-оригінатор	Кількість сортів, шт.	Частка, %
Квасоля звичайна (зернова)	Україна (UA)	19	100
Всього за напрямом		19	100
Квасоля звичайна (овочева)	Україна (UA)	15	38,5
	Нідерланди (NL)	13	33,3
	Польща (PL)	4	10,3
	Німеччина (DE)	3	7,7
	Франція (FR)	3	7,7
	Швейцарія (CH)	1	2,5
Всього за напрямом		39	100

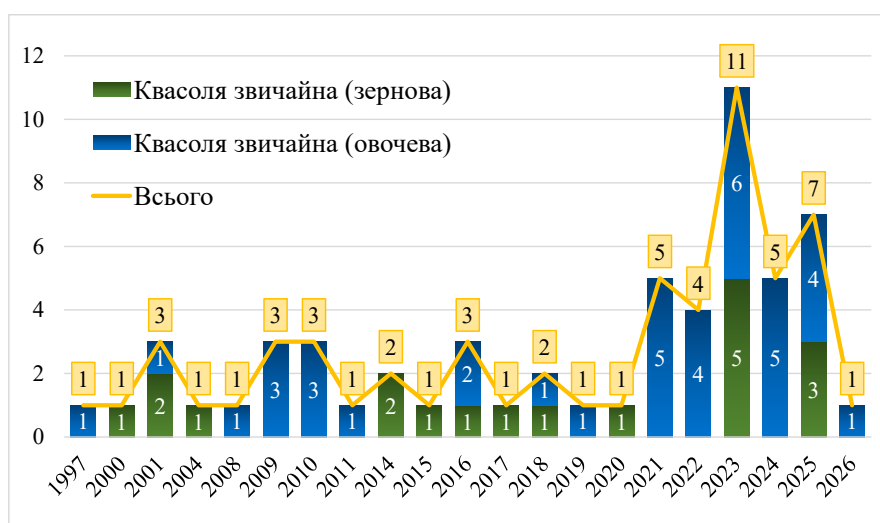


Рис. 4. Динаміка реєстрації сортів квасолі звичайної в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні

поступове та нерівномірне оновлення її асортименту з чітко вираженою тенденцією до інтенсифікації селекційного процесу за останні п'ять років (рис. 4).

Якщо у період з 1997 по 2020 рр. реєстрація нових сортів мала поодинокий і переважно дискретний характер, то починаючи з 2021 року спостерігається стрімке зростання динаміки наповнення Держреєстру, особливо в сегменті квасолі овочевої, де щорічно реєстрували від 4 до 6 нових позицій. Максимум реєстраційної активності припав на 2023 р., коли сортовий склад збільшився одразу на 11 найменувань (5 зернових та 6 овочевих сортів), а також на 2025 р. із показником у 7 сортів, що свідчить про підвищення сучасної комерційної привабливості цієї зернобобової культури та активне реагування селекціонерів на запити внутрішнього ринку.

Висновки. У період з 2015 по 2025 рр. виробництво зерна квасолі в Україні загалом характеризувалося позитивною динамікою, незважаючи на негативний вплив воєнних дій. Площі посівів і обсяги виробництва зростали, а рівень урожайності залишався відносно сталим. Фермерські господарства у більшості років отримували вищі рівні врожайності порівняно з господарствами населення, що свідчить про більш ефективне використання ними сучасних технологій вирощування. Сортівний асортимент представлений переважно овочевими сортами, які характеризуються високою адаптивністю до різних природно-кліматичних зон України. Зерновий сегмент повністю забезпечується сортами вітчизняної селекції, а овочевий значною мірою залежить від іноземних оригінальних. В останні роки простежується активізація селекційної роботи та оновлення сортових ресурсів цієї культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Шкатула Ю. М., Білецький О. В. Роль сорту в зональній технології вирощування квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.). *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 173–179. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30.24>.
- М'ялковський Р. О., Мазур О. В., Стасевський Р. В. Порівняльна оцінка сортотразків квасолі звичайної за мінливістю цінних господарських ознак. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 1(28). С. 97–112. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-7>.
- Uebersax M. A., Cichy K. A., Gomez F. E., Porch T. G., Heitholt J., Osorno J. M., Kamfwa K., Snapp S. S., Bales S. Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security – A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5. P. e155. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.155>.
- Lisciani S., Marconi S., Le Donne C., Camilli E., Aguzzi A., Gabrielli P., Gambelli L., Kunert K., Marais D., Vorster B. J., Alvarado-Ramos K., Reboul E., Cominelli E., Preite C. Legumes and common beans in sustainable diets: nutritional quality, environmental benefits, spread and use in food preparations. *Frontiers in Nutrition*. 2024. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1385232>.
- Томашевська О. А. Перспективи виробництва квасолі в контексті нішевої диверсифікації сільського господарства та нарощування його експортного потенціалу. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 3(273). С. 76–86. DOI: <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-273-76-86>.
- Assefa T., Mahama A. A., Brown A. V., Cannon E. K. S., Rubyogo J. C., Rao I. M., Blair M. W., Cannon S. B. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Molecular Breeding*. 2019. Vol. 39(20). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0920-0>.
- Mukankusi C., Raatz B., Nkalubo S., Berhanu F., Binagwa P., Kilango M., Williams M., Katungi E., Chirwa R., Beebe S. Genomics, genetics and breeding of common bean in Africa: A review of tropical legume project. *Plant Breeding*. 2019. Vol. 138. P. 401–414. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12573>.
- Victor D. A., Oyatomi O. A., Abberton M. T., Babalola O. O. Harnessing genetic diversity and modern breeding approach for climate-resilient common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): a critical review and future directions. *Journal of Plant Interactions*. 2026. Vol. 21(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/17429145.2026.2633946>.
- Alfaro-Diaz A., Escobedo A., Luna-Vital D. A., Castillo-Herrera G., Mojica L. Common beans as a source of food ingredients: Techno-functional and biological potential. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. Vol. 22. P. 2910–2944. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13166>.
- Liu Y., Garcia-Caparrós P., Xu M., Zhou J., Liu X., Wu B., Xu P. Biofortifying the Common Bean-Interplay of Iron, Zinc and Phytic Acid: A Review. *Legume Research*. 2026. Vol. 49(5). P. 715–729. DOI: <https://doi.org/10.18805/LRF-913>.
- Державна служба статистики України. *Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами (офіційні статистичні дані)*: веб-сайт. URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur-richna> (дата звернення: 29.06.2026).
- Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні: веб-сайт. URL: <https://sops.gov.ua/derzavniy-reestr> (дата звернення: 29.06.2026).

REFERENCES:

- Shkatula, Yu. M., & Biletskyi, O. V. (2025). Rol sortu v zonalnii tekhnolohii vyroshchuvannia kvasoli zvychai-noi (*Phaseolus vulgaris* L.). [The role of variety in zonal technology of growing common beans (*Phaseolus vulgaris* L.)]. *Ahrarni innovatsii*, 30, 173–179. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30.24> [in Ukrainian].
- Mialkovskiy, R. O., Mazur, O. V., & Stashevskiy R. V. (2023). Porivnialna otsinka sortotrazkiv kvasoli zvy-chainoi za minlyvisti tsinnykh hospodarskykh oznak [Comparative evaluation of common bean cultivars based on variability of valuable economic traits]. *Cilske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 1(28), 97–112. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-7> [in Ukrainian].
- Uebersax, M. A., Cichy, K. A., Gomez, F. E., Porch, T. G., Heitholt, J., Osorno, J. M., Kamfwa, K., Snapp, S. S., & Bales, S. (2023). Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security – A review. *Legume Science*, 5, e155. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.155>.
- Lisciani, S., Marconi, S., Le Donne, C., Camilli, E., Aguzzi, A., Gabrielli, P., Gambelli, L., Kunert, K.,

- Marais, D., Vorster, B. J., Alvarado-Ramos, K., Reboul, E., Cominelli, E., & Preite, C. (2024). Legumes and common beans in sustainable diets: nutritional quality, environmental benefits, spread and use in food preparations. *Frontiers in Nutrition*, 2024, 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1385232>.
5. Tomashevskaya, O. A. (2024). Perspektyvy vyrobnytstva kvasoli v konteksti nishевой dyversyfikatsii silskoho hospodarstva ta naroshchuvannya yoho eksportnoho potentsialu [Prospects for bean production in the context of niche diversification of agriculture and increasing its export potential]. *Aktualni problemy ekonomiky*, 3(273), 76–86. DOI: <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-273-76-86> [in Ukrainian].
 6. Assefa, T., Mahama, A. A., Brown, A. V., Cannon, E. K. S., 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.). *Molecular Breeding*, 39(20). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0920-0>.
 7. Mukankusi, C., Raatz, B., Nkalubo, S., Berhanu, F., Binagwa, P., Kilango, M., Williams, M., Katungi, E., Chirwa, R., & Beebe, S. (2019). Genomics, genetics and breeding of common bean in Africa: A review of tropical legume project. *Plant Breeding*, 138, 401–414. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12573>.
 8. Victor, D. A., Oyatomi, O. A., Abberton, M. T., & Babalola, O. O. (2026). Harnessing genetic diversity and modern breeding approach for climate-resilient common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): a critical review and future directions. *Journal of Plant Interactions*, 21(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/17429145.2026.2633946>.
 9. Alfaro-Diaz, A., Escobedo, A., Luna-Vital, D. A., Castillo-Herrera, G., & Mojica, L. (2023). Common beans as a source of food ingredients: Techno-functional and biological potential. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22, 2910–2944. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13166>.
 10. Liu, Y., Garcia-Caparras, P., Xu, M., Zhou, J., Liu, X., Wu, B., & Xu, P. (2026). Biofortifying the Common Bean: Interplay of Iron, Zinc and Phytic Acid: A Review. *Legume Research*, 49(5), 715–729. DOI: <https://doi.org/10.18805/LRF-913>.
 11. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Ploshchi, valovi zbory ta urozhainist silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy (ofitsiini statystychni dani) [State Statistics Service of Ukraine. Areas, gross harvests and yields of agricultural crops by type (official statistical data)] : veb-sait. URL: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhainist-silskohospodarskykh-kultur-richna> (data zvernennia: 29.06.2026) [in Ukrainian].
 12. Derzhavnyi reestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine] : veb-sait. URL: <https://sops.gov.ua/derzavniy-reestr> (data zvernennia: 29.06.2026) [in Ukrainian].

Сидякіна О.В., Іванів М.О. Сучасний стан виробництва та особливості формування сортових ресурсів кvasолі звичайної в Україні

Мета. Провести комплексний аналіз сучасного стану виробництва кvasолі звичайної в Україні та оцінити структуру її сортових ресурсів на основі Державного

реєстру сортів рослин. **Методи.** Монографічний – для опрацювання наукових джерел; статистико-економічний – для аналізу динаміки виробництва кvasолі; порівняльний – для оцінки змін показників у часовому розрізі; структурний аналіз – для визначення особливостей формування сортових ресурсів; графічний – для наочного відображення результатів досліджень; узагальнення та систематизації – для формування висновків щодо сучасних тенденцій розвитку виробництва і сортового складу культури. Інформаційною основою дослідження слугували статистичні дані Державної служби статистики України та відомості Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, станом на червень 2026 р. **Результати.** У статті проаналізовано сучасний стан виробництва зерна кvasолі в Україні та особливості формування її сортових ресурсів. На основі статистичних даних за 2015–2025 рр. досліджено динаміку площ посівів, валових зборів і врожайності культури. Встановлено, що, незважаючи на негативний вплив воєнних дій, виробництво кvasолі загалом характеризується позитивною динамікою, що виявляється у збільшенні посівних площ, відновленні обсягів виробництва та стабілізації рівня врожайності. Визначено, що фермерські господарства упродовж більшої частини досліджуваного періоду отримували вищі рівні врожайності порівняно з господарствами населення, що свідчить про більш ефективне використання ними сучасних технологій вирощування. Проаналізовано сортовий склад кvasолі, що включений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Встановлено переважання сортів овочевого напрямку, які характеризуються широкою пристосованістю до різних природно-кліматичних зон, а зернові сорти переважно орієнтовані на вирощування в умовах Степу та Лісостепу. Показано, що сортовий асортимент кvasолі зернової повністю сформований сортами української селекції, а овочевий сегмент значною мірою представлений іноземними оригіналами. Проаналізовано географічну структуру походження сортів та хронологію їх реєстрації, що засвідчило суттєву активізацію селекційної роботи упродовж останніх п'яти років. Одержані результати свідчать про зростання комерційної привабливості кvasолі звичайної, розширення її генетичного різноманіття та перспективність подальшого розвитку виробництва і селекції в Україні. **Висновки.** У період з 2015 по 2025 рр. виробництво зерна кvasолі в Україні загалом характеризувалося позитивною динамікою, незважаючи на негативний вплив воєнних дій. Площі посівів і обсяги виробництва зростали, а рівні врожайності залишалися відносно сталими. Фермерські господарства у більшості років отримували вищі рівні врожайності порівняно з господарствами населення, що свідчить про більш ефективне використання ними сучасних технологій вирощування. Сортівний асортимент представлений переважно овочевими сортами, які характеризуються високою адаптивністю до різних природно-кліматичних зон України. Зерновий сегмент повністю забезпечується сортами вітчизняної селекції, а овочевий значною мірою залежить від іноземних оригінальних сортів.

Ключові слова: кvasоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.), зерно, обсяги виробництва, площі посівів, урожайність, сортові ресурси, селекція, адаптованість сортів.

Sydiakina O.V., Ivaniv M.O. Current state of production and peculiarities of the formation of common bean varietal resources in Ukraine

Purpose. To conduct a comprehensive analysis of the current state of common bean production in Ukraine and to assess the structure of its varietal resources based on the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine. **Methods.** Monographic method for reviewing scientific literature; statistical and economic method for analyzing the dynamics of bean production; comparative method for evaluating changes in indicators over time; structural analysis for determining the peculiarities of varietal resource formation; graphical method for visualizing research results; and generalization and systematization methods for drawing conclusions regarding current trends in production development and varietal composition. The study was based on statistical data from the State Statistics Service of Ukraine and information from the State Register of Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine as of June 2026. **Results.** The article analyzes the current state of common bean grain production in Ukraine and the peculiarities of the formation of its varietal resources. Based on statistical data for 2015–2025, the dynamics of sown area, gross harvest, and crop yield were investigated. It was established that, despite the negative impact of military actions, bean production generally demonstrated positive trends manifested in the expansion of cultivated areas, recovery of production volumes, and stabilization of yield levels. It was determined that throughout most of the study period, farms achieved higher yields than household producers, indicating a more efficient application of modern cultivation technologies. An analysis of the common bean varietal composition included in the State Register of

Plant Varieties Suitable for Dissemination in Ukraine was conducted. The predominance of vegetable bean varieties was established; these varieties are characterized by high adaptability to different agro-climatic zones, whereas grain bean varieties are primarily intended for cultivation in the Steppe and Forest-Steppe zones. It was shown that the varietal assortment of grain beans is entirely represented by Ukrainian-bred varieties, while the vegetable bean segment is largely represented by foreign breeders. The geographical structure of variety origin and the chronology of variety registration were analyzed, revealing a substantial intensification of breeding activities during the last five years. The obtained results indicate increasing commercial attractiveness of common bean, expansion of its genetic diversity, and promising prospects for further development of bean production and breeding in Ukraine. **Conclusions.** During the period from 2015 to 2025, common bean grain production in Ukraine generally exhibited positive dynamics despite the adverse effects of military actions. Sown areas and production volumes increased, while yield levels remained relatively stable. In most years, farms achieved higher yields than household producers, indicating a more efficient use of modern cultivation technologies. The varietal assortment is dominated by vegetable bean varieties characterized by high adaptability to different agro-climatic conditions of Ukraine. The grain bean segment is fully represented by domestic breeding achievements, whereas the vegetable bean segment depends largely on foreign originators. In recent years, breeding activity and renewal of varietal resources have intensified significantly.

Key words: common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), grain, production volumes, sown area, yield, varietal resources, breeding, varietal adaptability.

Дата першого надходження статті до видання: 14.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

СИТНИК О.В. – старший викладач

orcid.org/0009-0006-5369-8109

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

ЦАРУК І.В. – PhD, старший викладач

orcid.org/0000-0002-7383-1919

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

РИЖЕНКО А.С. – PhD, старший викладач

orcid.org/0000-0001-7850-9171

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Постановка проблеми. В агровиробництві в Україні олійні культури займають провідне місце у структурі посівних площ (до 20–32 % від загальних площ технічних культур) та формують значну частку аграрного експорту. Головною перевагою вирощування в зоні Лісостепу України є помірно-континентальний клімат та родючі ґрунти, які дозволяють розкрити високий потенціал урожайності. Основа структури посівних площ базується на трьох високомаржинальних культурах. Соя – ідеально адаптована до кліматичних умов Лісостепу (зокрема, Правобережного), де забезпечується оптимальний рівень вологості. Ця культура є цінним попередником у сівозміні, оскільки фіксує азот у ґрунті. Соя потребує оптимального азотного живлення, інокуляції насіння високоефективними штаммами бульбочкових бактерій та збалансованого фосфорно-калійного живлення. Важливими є рівномірне розміщення рослин і своєчасний захист від бур'янів. Соняшник – традиційна олійна культура, яка завдяки виведенню нових ранньостиглих гібридів масово вирощується не лише в Степу, але й у Лісостепу, забезпечуючи найвищу рентабельність. Соняшник характеризується високою посухостійкістю, однак максимальна продуктивність досягається за достатнього забезпечення вологою у фазі бутонізації та цвітіння. Ефективний контроль бур'янів є одним із ключових чинників підвищення врожайності та олійності насіння. Ріпак – займає важливе місце завдяки високій експортній привабливості. Вирощують як озимий (основний посів), так і ярий ріпак. Ріпак характеризується високою потребою у борі, сірці та азоті. Велике значення має формування добре розвиненої розетки восени та успішна Perezimivlya. Льон олійний є перспективною культурою для Лісостепу. Його продуктивність значною мірою визначається системою живлення, сортовими особливостями та погодними умовами.

Клімат Лісостепу України є ідеальним для вирощування основних олійних культур. Поєднання помірного тепла та достатньої кількості опадів дозволяє отримувати високі врожаї соняшнику, сої та ріпаку. Але, Лісостеп страждає від нерівномірних опадів.

Основною проблемою останнього десятиріччя є нестача продуктивної вологості у критичні фази розвитку рослин, що обумовлює необхідність застосування вологоощадних технологій. Через підвищення температур повітря ґрунт швидко втрачає воду. Це знижує врожайність соняшнику, сої та ріпаку. У другій половині літа часто бувають сильні посухи. Вони збігаються з цвітінням та наливом насіння. Через вологу весну та спекотне літо активно поширюються хвороби. Наприклад, біла гниль чи фомоз. Як наслідок – рослини гинуть до збору врожаю. Якість олії знижується.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретико-практичні аспекти вирощування олійних культур в умовах Лісостепу писано в працях багатьох вітчизняних науковців. Зокрема В. Стародуб і Є. Ткач провели екологічну оцінку технологій вирощування соняшнику в Центральному Лісостепу України [11]. О. Тимчишин, Н. Рудавська, Л. Беген зосереджуються на впливі густоти стояння рослин на продуктивність соняшнику [12]. І. Короткова та А. Дробітько аналізували вплив способів сівби і удобрення на стан розвитку рослин ріпаку на початкових фазах [4]. О. Томчук оцінює ефективність використання фунгіцидів з ріст регулюючими властивостями при вирощуванні ріпаку [13]. О. Курач вивчає залежність формування врожаю ріпаку від біологічного потенціалу різних гібридів, передпосівного обробітку насіння та позакореневого підживлення рослин [7]. О. Коляда, О. Близнюк, Н. Масалітіна, А. Белінська, О. Варанкіна, І. Беліх досліджують ефективність інокуляції сої біотехнологічними препаратами [3]. О. Дрозд, А. Шувар, Н. Шувар обґрунтовують потенціал агротехнологічного вирощування технічних культур в Лісостепу України [2]. П. Ляльчук, М. Бахмат, Б. Макарчук встановлюють особливості формування врожайності і якісних показників насіння льону в умовах Західного Лісостепу [8]. А. Юник описує закономірності фотосинтетичної діяльності й формування продуктивності посівами льону олійного за різних норм внесення мінеральних добрив та позакореневого внесення мікроелементів [14].



Мета. Метою статті є аналіз і узагальнення сучасних технологічних аспектів вирощування основних олійних культур в умовах Лісостепу України для визначення ефективних агроприйомів підвищення врожайності, якості продукції та адаптації до кліматичних змін.

Матеріали та методика досліджень. Для підготовки статті опрацьовані наукові публікації вітчизняних авторів та загальнодоступні статистичні дані. У процесі дослідження використано методи аналізу, синтезу, узагальнення, що дозволило систематизувати існуючі наукові підходи, статистичні дані та виявити основні тенденції сучасних технологічних аспектів вирощування олійних культур.

Результати досліджень. У даних кліматичних умовах узагальнення результатів сучасних наукових досліджень свідчить, що комплексне застосування інтенсивних і водночас адаптивних технологій дозволяє підвищити врожайність олійних культур на 20–40 %, покращити якість продукції та забезпечити екологічну стійкість агроєкосистем.

Лісостеп України характеризується середньорічною температурою +7...+10 °С; річною кількістю опадів 500–650 мм. Щодо агрохімічних та фізичних характеристик ґрунтів, то у структурі переважають чорноземи (типові та опідзолені) та сірі лісові ґрунти з вмістом гумусу 3–6 %. Олійні культури (зокрема соняшник) найкраще ростуть за нейтральної або слабокислої реакції середовища (рН 6,0–7,5). Завдяки високому вмісту гумусу, ці ґрунти здатні розкривати максимальний генетичний потенціал культур, проте чутливі до деградації структури при інтенсивному розорюванні. Для олійних культур (соняшник є абсолютною домінантою серед олійних у цьому регіоні) на період сходів запаси вологи в метровому шарі ґрунту складають 130,9–144,0 мм. В умовах Західного Лісостепу, наприклад, найефективніше волога використовується за традиційної оранки або глибокого безполицевого обробітку (до 33–35 см), що мінімізує випаровування.

Дослідження свідчать, що управління запасами вологи та дотримання науково обґрунтованої сівозміни є одними з ефективних ключових чинників стабільного вирощування олійних культур в умовах зміни клімату та зростання ризику посух.

Основною метою управління запасами вологи є накопичення, збереження та раціональне використання

ґрунтової вологи протягом усього періоду вегетації. Сучасні дослідження рекомендують: застосування мінімального або нульового обробітку ґрунту (диференційований обробіток; чизелювання; глибоке рихлення; мінімальний обробіток; технології Strip-till, No-till та Mini-till) для зменшення випаровування; залишення рослинних решток на поверхні ґрунту як мульчі; оптимізацію строків сівби відповідно до запасів продуктивної вологи; постійний моніторинг вологості ґрунту за допомогою датчиків або тензіометрів; використання дефіцитного (регульованого) зрошення у регіонах із недостатнім природним зволоженням. Контроль вологості ґрунту та науково обґрунтоване планування поливів дозволяють скоротити витрати води на 17–25 % без істотного зниження врожайності, а в окремих випадках навіть підвищити ефективність використання води.

Правильно організована сівозміна забезпечує: накопичення продуктивної вологи; поліпшення структури ґрунту; збільшення вмісту органічної речовини; зниження поширення хвороб і шкідників; ефективніше використання поживних речовин. Для кліматичних умов Лісостепу України рекомендовано не повертати соняшник на те саме поле раніше ніж через 6–7 років, ріпак – через 4–5 років, сою – через 3–4 роки. Кращими попередниками для більшості олійних культур є озима пшениця, ярі зернові та зернобобові культури. Для системи удобрення рекомендовані елементи: азот; фосфор; калій; сірка; бор; цинк. Перспективним напрямом є поєднання мінеральних добрив із біопрепаратами, мікоризними інокулянтами та позакореновими підживленнями. Оптимальні строки сівби основних олійних культур: соняшник – температура ґрунту 8–10 °С; соя – 10–12 °С; ярий ріпак – ранньовесняний посів; озимий ріпак – друга половина серпня; льон олійний – ранні строки та технічні параметри сівби основних олійних культур (табл. 1).

Сучасне землеробство передбачає також цифрові технології: GPS-навігацію та автопілоти (дозволяють техніці працювати з точністю до кількох сантиметрів, уникаючи перекриттів або пропусків під час обробітку ґрунту, посіву чи внесення добрив); супутниковий моніторинг та безпілотні літальні апарати (забезпечують цифровий моніторинг полів, виявляють хвороби рослин, визначають індекси вегетації (наприклад, NDVI) та складають карти для диференційованого внесення добрив);

Таблиця 1

Порівняльна таблиця технічних параметрів сівби олійних культур в лісостеповій зоні України

Культура	Спосіб сівби (техніка)	Оптимальна ширина міжрядь (см)	Глибина загортання насіння (см)	Вплив коткування на врожайність
Соняшник	Пунктирний (сівалки точного висіву)	70	4–6	Позитивний (за сухий весни), підвищує дружність сходів
Соя	Рядковий / широко-рядковий	15–30 (ранні) / 45 (пізні)	3–4	Обов'язкове коткування гладкими котками для якісного збирання жаткою флекс
Ріпак озимий	Суцільний рядковий	12,5–15 / 35 (Scirosso техніка)	2–3	Обов'язкове, якщо верхній шар ґрунту пересушений
Льон олійний	Вузькорядний / суцільний	7,5–15	2–3	Критично важливе, підвищує схожість на 18–25 %

Джерело: систематизовано автором

метеостанції та датчики (збирають локальні дані про вологість ґрунту, температуру та швидкість вітру для точного планування поливу і прогнозування ризиків); програмне забезпечення ШІ та моделювання (аналітичні платформи обробляють масиви даних, допомагають прогнозувати врожайність і будувати моделі для прийняття рішень щодо сівозміни чи підбору гібридів). Основна мета цифрових технологій – оптимізувати витрати добрив, пального та води, а також підвищити врожайність з кожного гектара.

Багаторічні дослідження провідних наукових установ України (зокрема Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Інституту кормів та сільського господарства Поділля та НААН України) сформували чіткі рекомендації щодо вирощування основних олійних культур у лісостеповій зоні України. Через поступові кліматичні зміни (потепління, нерівномірні опади) акцент змістився на біологізацію, енергоощадність та оптимізацію живлення.

Дослідження науковців у Лівобережному та Центральному Лісостепу при вирощуванні сояшнику фокусуються на мінімізації негативного антропогенного навантаження на ґрунт [5; 11]:

– Оптимальна частка в сівозміні: за даними тривалих моніторингових, найвищу врожайність сояшнику (2,76 т/га) забезпечує 7-пільна сівозміна, де культура займає не більше 14,3 % площі. При збільшенні частки сояшнику до 33–50 % урожайність критично падає через накопичення хвороб [6].

– Гібридизація: використання сучасних інтенсивних гібридів порівняно зі звичайними сортами підвищує врожайність на 20–30 %, а рівень олійності – на 15–20 % [12].

Лісостеп є одним із ключових регіонів вирощування ріпаку. Дослідження підтверджують наступні закономірності:

– Кліматична адаптація: головним чинником стабільності озимого ріпаку є накопичення вологи у період осіннього розвитку рослин [4].

– Регулятори росту: застосування ретардантів (регуляторів росту) восени є обов'язковим елементом. Вони сприяють обмеженню надмірного росту надземної маси, формуванню оптимальних параметрів рослин (діаметра кореневої шийки, висоти точки росту над поверхнею ґрунту) та підвищенню стійкості рослин до несприятливих умов зимового періоду [4; 13].

– Позакореневе підживлення: застосування мікродобрив у фазу бутонізації сприяє покращенню елементів структури врожаю та підвищенню продуктивності культури [7].

Соя залишається провідною бобово-олійною культурою Лісостепу. Результати досліджень виділяють такі аспекти:

– Інокуляція насіння: передпосівна обробка насіння штамами бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* забезпечує фіксацію атмосферного азоту та покращує азотний баланс ґрунту під наступні культури, що позитивно впливає на продуктивність наступних культур у сівозміні [3].

– Групи стиглості: ранньостиглі та середньоранньостиглі сорти характеризуються здатністю повніше

реалізувати продуктивний потенціал за умов скороченого вегетаційного періоду та ризику літньої посухи, що сприяє стабільності врожайності й формуванню якісного насіння [1; 9].

Останні роки вчені активно досліджують відновлення потенціалу льону олійного в Лісостепу [2; 8]:

– Норма висіву та строки: оптимізація елементів технології (ранні строки сівби та помірні норми висіву) дозволяють сформувати оптимальну густоту стояння, де рослини краще гілкуються і закладають більше коробочок [10].

– Захист від бур'янів: у початковій фазі росту характеризується недостатньою конкурентною здатністю щодо бур'янів, тому своєчасне застосування гербіцидів є важливим елементом технології вирощування.

– Живлення: внесення збалансованих доз азотних добрив у поєднанні з біопрепаратами комплексної біоорганічної природи суттєво підвищує стійкість культури до вилягання [14].

Висновки. Вирощування олійних культур у кліматичній зоні лісостепу України потребує комплексного підходу до технології. Огляд сучасних досліджень підтверджує, що науково обґрунтоване поєднання адаптивної сівозміни, оптимізованого живлення, удобрення, адаптивних сортів і ресурсозберігальних технологій сучасних систем захисту, мінімального обробітку ґрунту та елементів точного землеробства є визначальним чинником реалізації потенціалу олійних культур у Лісостепу України та забезпечує стабільне підвищення врожайності, покращення якості насіння та економічної ефективності виробництва. Подальший розвиток галузі пов'язаний із впровадженням біоадаптивних технологій, цифровізації агровиробництва та селекції сортів і гібридів, стійких до кліматичних стресів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tkachuk O. P., Didur I. M., Mazur O. V. Adaptability, sustainability and productivity of mid-early soybean varieties. *Аграрні інновації*. С. 70–79. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.12>.
2. Дрозд О. М., Шувар А. М., Шувар Н. Б. Наукове обґрунтування реалізації потенціалу технічних культур в агротехнологіях Лісостепу України (оглядова). *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.10>.
3. Коляда О. В., Близнюк О. М., Масалітіна Н. Ю., Белінська А. П., Варанкіна О. О., Белих І. А. Дослідження ефективності інокуляції сої біотехнологічними препаратами. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2022. № 3. С. 3–11. DOI: 10.20998/2078-5364.2022.1.01.
4. Короткова І., Дробітько А. Вплив способу сівби та удобрення на початок сходів озимого ріпаку в Лісостепу України. *Науковий прогрес та інновації*. 2024. № 27 (1). С. 47–52. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.08>.
5. Кохан А. В., Гангур В. В., Корецький О. Є., Лень О. І., Манько Л. А. Сояшник у сівозмінах лівобережного Лісостепу України. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2015. № 18. С. 62–69.
6. Кохан А. В., Лень О. І., Циліурік О. І. Наслідки насичення сівозмін сояшником. *Науково-технічний*

- бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2016. № 23. С. 131–136.
7. Курач О. В. Особливості формування врожаю ріпаку озимого залежно від передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення комплексними препаратами. *Агробіологія*. 2026. № 1. С. 80–88. DOI: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-80-88.
 8. Ляльчук П. П., Бахмат М. І., Макачук Б. М. Формування врожайності та якості насіння сортів льону олійного (*Linum humile* Mill.) в умовах Західного Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2023. Т. 19. № 4. С. 254–261. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291228>.
 9. Михайлик С. М., Курочка Н. В., Смульська І. В., Сонець Т. Д., Стариченко Ю. М. Урожайність, якість зерна та морфологічні характеристики нових ранньостиглих сортів сої [*Glycine max* (L.) Merrill] вітчизняної селекції. *Вивчення та охорона сортів рослин*. 2024. № 20 (3). С. DOI: 166–173. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.3.2024.311810>.
 10. Рудік О. Л. Вплив агротехнічних прийомів на формування врожаю та якості насіння льону олійного. *Агрологія*. 2019. № 2 (1). С. 3–9. DOI: <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14011>.
 11. Стародуб В. І., Ткач Є. Д. Комплексна екологічна оцінка технології вирощування соняшнику в Центральному Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 128–134. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2023.292722.
 12. Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М., Беген Л. Л. Перспективи вирощування соняшнику та вплив густоти стояння рослин на їх продуктивність. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. № 70 (2). С. 73–83. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-6).
 13. Томчук О. М. Вплив використання фунгіцидів з ріст регулюючим ефектом на стан перезимівлі гібридів ріпаку озимого. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.31>.
 14. Юник А. В. Особливості фотосинтетичної діяльності посівів льону олійного (*Linum usitatissimum* L.) залежно від технології вирощування. *Новітні агро-технології*. 2019. № (7). С. 12–12. DOI: <https://doi.org/10.47414/на.7.2019.204840>.
 - 3, 3–11. <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2022.1.01> [in Ukrainian].
 4. Korotkova, I., & Drobitko, A. (2024). Vplyv sposobu sivyby ta udobrennia na pochatok skhodiv ozymoho ripaku v Lisostepu Ukrainy [Effect of sowing method and fertilization on the emergence of winter rapeseed in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyi prohresh ta innovatsii*, 27(1), 47–52. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.08> [in Ukrainian].
 5. Kokhan, A. V., Hanhur, V. V., Koretskyi, O. Ye., Len, O. I., & Manko, L. A. (2015). Soniashnyk u sivozminakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Sunflower in crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti*, 18, 62–69 [in Ukrainian].
 6. Kokhan, A. V., Len, O. I., & Tsyliuryk, O. I. (2016). Naslidky nasychnnia sivozmin soniashnykom [Consequences of sunflower saturation in crop rotations]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*, 23, 131–136 [in Ukrainian].
 7. Kurach, O. V. (2026). Osoblyvosti formuvannia vrozhaiu ripaku ozymoho zalezchno vid peredposivnoho obrob-lennia nasinnia ta pozakorenevoho pidzhyvlennia kompleksnymy preparatamy [Features of winter rapeseed yield formation depending on pre-sowing seed treatment and foliar application of complex preparations]. *Ahrobiolohiia*, 1, 80–88. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2026-203-1-80-88> [in Ukrainian].
 8. Lialchuk, P. P., Bakhmat, M. I., & Makarchuk, B. M. (2023). Formuvannia vrozhaivosti ta yakosti nasinnia sortiv lonu oliinoho (*Linum humile* Mill.) v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Formation of yield and seed quality of oil flax varieties (*Linum humile* Mill.) in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 254–261. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291228> [in Ukrainian].
 9. Mykhailiyk, S. M., Kurochka, N. V., Smul'ska, I. V., Sonets, T. D., & Starychenko, Yu. M. (2024). Urozhaivist, yakist zerna ta morfologichni kharakterystyky novykh rannostyglykh sortiv soi [*Glycine max* (L.) Merrill] vitchyznianoї selektsii [Yield, grain quality and morphological characteristics of new early-maturing soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merrill) of domestic breeding]. *Vyvchennia ta okhorona sortiv roslyn*, 20(3), 166–173. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.3.2024.311810> [in Ukrainian].
 10. Rudik, O. L. (2019). Vplyv ahrotekhnichnykh pryimov na formuvannia vrozhaiu ta yakist nasinnia lonu oliinoho [Influence of agrotechnical practices on yield formation and quality of oil flax seeds]. *Ahrolohiia*, 2(1), 3–9. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14011> [in Ukrainian].
 11. Starodub, V. I., & Tkach, Ye. D. (2023). Kompleksna ekolohichna otsinka tekhnolohii vyroshchuvannia soniashnyku v Tsentralnomu Lisostepu Ukrainy [Comprehensive ecological assessment of sunflower cultivation technologies in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 4, 128–134. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292722> [in Ukrainian].
 12. Tymchyshyn, O. F., Rudavska, N. M., & Behen, L. L. (2021). Perspektyvy vyroshchuvannia soniashnyku ta

REFERENCES:

1. Tkachuk, O. P., Didur, I. M., & Mazur, O. V. (2022). Adaptability, sustainability and productivity of mid-early soybean varieties. *Ahrarni innovatsii*, 16, 70–79. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.12>.
2. Drozd, O. M., Shuvar, A. M., & Shuvar, N. B. (2025). Naukoveobgruntuvannia realizatsii potentsialu tekhnichnykh kultur v ahrotekhnolohiiakh Lisostepu Ukrainy (ohliadova) [Scientific substantiation of the realization of the potential of industrial crops in agrotechnologies of the Forest-Steppe zone of Ukraine (review)]. *Ahrarni innovatsii*, 30, 69–77. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.10> [in Ukrainian].
3. Koliada, O. V., Blyzniuk, O. M., Masalitina, N. Yu., Bielinska, A. P., Varankina, O. O., & Bielykh, I. A. (2022). Doslidzhennia efektyvnosti inokuliatsii soi biotekhnolohichnymy preparatamy [Study of the effectiveness of soybean inoculation with biotechnological preparations]. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia*,

- vplyv hustoty stoiannia roslyn na yikh produktyvnist [Prospects for sunflower cultivation and the influence of plant density on productivity]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynyystvo*, 70(2), 73–83. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-6) [in Ukrainian].
13. Tomchuk, O. M. (2025). Vplyv vykorystannia funhit-sydiv z rist rehuliuuchym efektom na stan perezymivli hibrydiv ripaku ozymoho [Effect of fungicides with growth-regulating effect on wintering conditions of winter rapeseed hybrids]. *Ahrarni innovatsii*, 32. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.31> [in Ukrainian].
14. Yunyk, A. V. (2019). Osoblyvosti fotosyntetichnoi diialnosti posiviv lonu oliinoho (*Linum usitatissimum* L.) zalezhno vid tekhnolohii vyroshchuvannia [Features of photosynthetic activity of oil flax (*Linum usitatissimum* L.) crops depending on cultivation technology]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 7, 12. <https://doi.org/10.47414/na.7.2019.204840> [in Ukrainian].

Ситнік О.В., Царук І.В., Риженко А.С. Технологічні аспекти вирощування олійних культур в умовах Лісостепу України

Мета. Метою статті є аналіз та узагальнення сучасних технологічних аспектів вирощування основних олійних культур в умовах Лісостепу України, визначення ефективних агротехнологічних заходів для підвищення продуктивності культур, якості насіння та адаптації виробництва до змін клімату.

Методи. Дослідження виконано на основі аналізу наукових праць вітчизняних авторів, матеріалів наукових установ, статистичних даних та результатів власних досліджень. Використано методи аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення та системного підходу, що дозволило оцінити сучасний стан технологій вирощування олійних культур та визначити основні чинники формування врожайності.

Результати. Установлено, що Лісостеп України має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування сої, соняшнику, ріпаку та льону олійного, однак нестача продуктивної вологи в критичні фази розвитку рослин, підвищення температурного режиму та нерівномірність опадів обмежують стабільність виробництва. Узагальнено роль адаптивних технологічних заходів, зокрема оптимізації сівозміни, строків і способів сівби, системи удобрення, інокуляції насіння, контролю бур'янів, використання регуляторів росту та ресурсозберігальних способів обробітку ґрунту. Визначено, що застосування мінімального обробітку ґрунту, збереження рослинних решток, управління запасами ґрунтової вологи, використання сучасних сортів і гібридів та елементів точного землеробства сприяє підвищенню продуктивності й ефективності вирощування олійних культур. Обґрунтовано необхідність диференційованого підходу до технологій вирощування сої, соняшнику, ріпаку та льону олійного з урахуванням їх біологічних особливостей, вимог до живлення, вологозабезпечення та стійкості до несприятливих факторів середовища.

Висновки. Комплексне застосування адаптивних агротехнологій, оптимізованого живлення, сучасного

захисту рослин і ресурсозберігаючих технологій забезпечує стабільну врожайність, високу якість продукції та ефективність вирощування олійних культур у Лісостепу України. Перспективи розвитку галузі пов'язані з упровадженням біоадаптивних технологій, цифровізації та стійких до кліматичних стресів сортів і гібридів.

Ключові слова: соя, соняшник, ріпак, льон олійний, технологія вирощування, агротехнологічні заходи, урожайність, якість насіння.

Sytnik O.V., Tsaruk I.V., Ryzhenko A.S. Technological aspects of oilseed crop cultivation under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine

Purpose. The purpose of the article is to analyze and summarize modern technological aspects of growing major oilseed crops under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine, as well as to determine effective agrotechnological measures for increasing crop productivity, seed quality, and adapting production to climate change.

Methods. The study was conducted based on the analysis of scientific publications by Ukrainian researchers, materials from scientific institutions, statistical data, and the results of own research. The methods of analysis, synthesis, comparison, generalization, and systematic approach were used, which made it possible to assess the current state of oilseed crop cultivation technologies and identify the main factors influencing yield formation.

Results. It was established that the Forest-Steppe zone of Ukraine has favorable soil and climatic conditions for growing soybean, sunflower, rapeseed, and oil flax; however, insufficient productive moisture during critical growth stages, increasing temperatures, and uneven precipitation distribution limit production stability. The role of adaptive technological measures was summarized, including crop rotation optimization, sowing dates and methods, fertilization systems, seed inoculation, weed control, growth regulators application, and resource-saving soil tillage practices. It was determined that the use of minimum soil tillage, crop residue retention, soil moisture management, modern varieties and hybrids, as well as precision farming elements contributes to increasing the productivity and efficiency of oilseed crop cultivation. The necessity of a differentiated approach to cultivation technologies of soybean, sunflower, rapeseed, and oil flax was substantiated, taking into account their biological characteristics, nutritional requirements, moisture supply, and resistance to adverse environmental factors.

Conclusions. The integrated application of adaptive agrotechnologies, optimized nutrition, modern plant protection systems, and resource-saving technologies ensures stable yields, high product quality, and efficient cultivation of oilseed crops in the Forest-Steppe zone of Ukraine. Further development of the industry is associated with the implementation of bioadaptive technologies, digitalization, and the use of varieties and hybrids resistant to climatic stresses.

Key words: soybean, sunflower, rapeseed, oil flax, cultivation technology, agrotechnological practices, yield, seed quality.

Дата першого надходження статті до видання: 20.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ЗИМУЮЧИЙ ГОРОХ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ЯРОМУ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ: РОЛЬ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ У ФОРМУВАННІ ПРОДУКТИВНОСТІ

СМОЛКА О.А. – аспірант

orcid.org/0009-0000-9151-2527

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПАВЛОВ О.С. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0003-2948-7185

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Просування меж Степової зони з південного сходу на північний захід України, як наслідок кліматичних змін, супроводжується зменшенням вологозабезпечення, підвищенням середніх температур та збільшенням ризику посух у регіонах, які раніше характеризувалися більш помірним кліматом. В умовах Правобережного Лісостепу України простежується вплив змін клімату на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, що проявляється у зниженні їх продуктивності. Ці тенденції підштовхують фермерів до зміни технологічних підходів у землеробстві, а також пошуку нових, більш адаптованих та здатних забезпечувати стабільну урожайність культур [3]. Горох посідає друге місце після квасолі звичайної, як найпоширеніша зернобобова культур, що вирощується у помірних регіонах з світовим виробництвом 15 млн тонн у 2024 році [29]. Аналіз посівних площ за останні 10 років вказує, що регіон Правобережного Лісостепу та Степу після різкого збільшення площ та перевиробництва товарного гороху в 2017–2018 роках, різко зменшив площі (Табл. 1) [42].

З 2023 року, спостерігається позитивна динаміка з розширення площ під горохом на півдні України саме зимуючими формами, що пов'язано з аридизацією клімату, яка часто утруднює вирощування вологолюбивих культур, як от кукурудзи, ріпаку озимого та отримання високих врожаїв зернових. При цьому, горох зимуючий стає рентабельною альтернативою цим культурам, оскільки краще використовує зимово-весняну

вологу і уникає впливу високих температур на рослини в критичні періоди вегетації. Таким чином, горох зимуючий в умовах Правобережного Лісостепу України має потенціал урожайності, не нижчий, а подекуди й вищий ніж ярий. Аналіз останніх досліджень вказує, що сівба гороху в зиму дозволяє прискорити ріст рослин, покращити їх водний режим та збирати врожай на 15–20 днів раніше. Зміщення фенологічних фаз дозволяє оминати період високих температур у травні й тим самим запобігти абортції квіток під час цвітіння. Посів сортів у кінці жовтня на початку листопада (залежно від температури) дає можливість восени отримати дружні сходи, які перезимують без істотних пошкоджень. Збільшення площі починаючи із 2023 року, що може бути пов'язано із близькістю до портів та ринків збуту, високою рентабельністю, дослідженнями проведеними в Одеському інституті [36]. Незважаючи на перспективність, технологія вирощування гороху зимуючого ще не є повністю адаптованою до умов Лісостепу. Основні проблеми-обмежений вибір зареєстрованих сортів, нестабільна зимо- та посухостійкість, недостатня вивченість реакції культури на різні системи основного обробітку ґрунту, застосування добрив, вологозабезпеченість у різні фази росту та розвитку та систему захисту від бур'янів. Тому подальші дослідження спрямовані на вивчення основних систем землеробства та систем захисту від бур'янів у посівах гороху. Недостатня кількість наукових досліджень зумовлюють актуальність даної проблеми.

Таблиця 1

Аналіз посівних площ гороху по роках тис. га

Рік	Київська	Вінницька	Тернопільська	Кіровоградська	Одеська	Миколаївська
2015	5,4	10,4	9,4	15,0	34,3	17,5
2016	3,5	7,3	6,9	10,3	31,5	9,4
2017	11,4	25,9	19,1	20,8	48,3	30,3
2018	13,2	27,2	18,6	21,6	41,0	26,1
2019	6,1	7,0	8,1	10,8	27,5	15,4
2020	4,1	4,7	5,7	11,0	23,8	17,7
2021	4,9	5,0	8,1	12,1	21,0	16,0
2022	4,3	5,0	3,6	15,7	20,3	22,2
2023	5,9	6,0	3,6	16,5	32,0	21,0
2024	5,3	6,0	3,6	16,5	32,0	21,0
2025	4,5	7,0	4,1	18,7	62,0	34,0



Даний огляд складається із трьох основних розділів:

1. Досвід вирощування гороху зимуючого в Україні та світі

2. Підбір сортів та строки сівби

3. Проблематика обробітку ґрунту та вплив на продуктивність гороху зимуючого

1. Досвід вирощування гороху зимуючого в Україні та світі.

Горох позитивно впливає на інші культури в сівозміні, зокрема на пшеницю озиму, завдяки здатності акумулювати до 90–100 кг/га азоту, та покращувати родючість ґрунту [6]. Практика показує, що урожай пшениці після гороху є майже таким самим, як після чистого пару, який через економічну невідповідність ніхто уже не використовує. Горох рано звільняє поле, що дозволяє вчасно та якісно підготувати ґрунту для сівби озимини. Ще одна перевага-зменшення водної та вітрової ерозії завдяки ранній наявності рослинного покриття. Враховуючи кліматичні зміни, зокрема тепліші зими і ранню весну, посів гороху під зиму стає дедалі актуальнішим. Цей підхід дозволяє краще використовувати вологу і забезпечити сприятливі умови для наступної культури у сівозміні, зазвичай-пшениці озимої [1]. Горох є переважно ярою культурою в помірних регіонах, хоча в зонах з м'якою зимою та сухою весною, таких як середземноморські регіони, подібні генотипи висівають і восени [35]. Також продовжуються дослідження зимостійких сортів гороху в різних частинах світу. У Сполучених Штатах зимостійкий горох вирощується на різних типах ґрунтів та в різних системах землеробства для отримання високобілкового зерна та побічних продуктів для кормових потреб [2], а також як покривна культура [22]. На Тихоокеанському Північному Заході, де більшість фермерів дотримуються сівозміни з озимої пшениці та літнього пару, введення зимуючого гороху в сівозміну є корисним, оскільки він використовує менше ґрунтової вологи, ніж пшениця озима, а в наступну весну вміст залишкового азоту у ґрунті для наступної культури значно вищий ніж після пару чи пшениці. Тому врожайність пшениці ярої зазвичай після зимуючого гороху є вищою, ніж після пшениці озимої [39]. В експериментах на Тихоокеанському Північному Заході горох зимуючий перевершив горох ярий на 1830 кг/га, тоді як на півночі Великих рівнин різниці між ними не було [7]. У Китаї також спостерігається зростаючий інтерес до гороху зимуючого, де провели польову оцінку морозостійкості 672 сортів гороху [25]. Є кілька звітів про випробування гороху зимуючого і для Європи. В Англії оптимальні терміни сівби та густина рослин для гороху зимуючого були середина листопада і 75–80 рослин на метр квадратний [21]. У Франції осінній посів призвів до збільшення врожайності приблизно на 1 т/га порівняно з весняним посівом, а максимальна глибина розвитку кореневої системи була досягнута раніше та і розвиток якої був більшим, а ніж гороху посіяного навесні [43]. В Німеччині горох зимуючий показав хороші результати, як альтернатива ярому гороху, якщо він достатньо морозо- та зимостійкий і вирощується в проміжних посівах з ячменем або вівсом, оскільки він більш конкурентоспроможний і має кращу фіксацію азоту, починаючи її раніше та

виробляючи більше надземної біомаси [40]. У Чеській Республіці горох зимуючий є важливим компонентом сумішей озимих покривних та сидеральних культур з житом та тритикале, що підвищувало вміст перетравного протеїну в кормах [14]. Збільшення площ під зернобобовими культурами в Сербії, де раніше висівали лише ярі кормові культури, відбувається за рахунок зимуючого гороху, а саме сорту НС Мороз який готовий до збору врожаю на тиждень раніше, ніж озимий ячмінь, що полегшує збирання урожаю тим, що фермери не змушені вибирати між горохом і зерновими культурами через обмеження в часу для збору ранніх ярих зернових [28]. У Центральній і Північній Європі горох зазвичай сіють навесні, тоді як у Південній Європі його переважно висівають у середині листопада. У Північній Європі слід уникати осіннього посіву через більший ризик пошкодження морозами [34]. Загалом бобові чутливі до низьких температур, особливо на етапі цвітіння, раннього формування бобів та наливу зерна [27]. Горох переносить заморозки, і якщо він уже піддається впливу низьких температур, цей процес відомий як холодова акліматизація [5]. Утворення цистеїну та метіоніну корелює з толерантністю гороху до низьких температур [24]. В Італії науковці зазначили, що осінній посів призвів до збільшення урожайності на 56%, в порівнянні до весняного [1]. Ранній розвиток рослини зимуючих сортів в поєднанні з раннім цвітінням раніше ніж початок періоду високих температур та зв'язуванням бобів, а також довша тривалість цвітіння та наливу зерна, можуть суттєво сприяти кращому та продуктивнішому формуванню врожаю [32]. Оптимальне проростання відбувається при температурі 15–20 °C, а рекомендована глибина посіву становить 2–5 см. Горох може переносити глибокий посів, до 7,5 см [18], але більша глибина посіву може призвести до підвищеної нерівномірності та строкатості сходів. Найвищий урожай насіння було отримано при 75–80 рослинах на метр квадратний проте в Канаді оптимальна густина стояння рослин гороху становить 88 рослин на метр квадратний [13]. Врожайність гороху знижується при частому беззмінному вирощуванні причиною чого є хвороби кореневої системи, зниження біологічної азотфіксації азоту із атмосфери, несприятливим впливом на кругообіг поживних речовин та використанням оранки, найкраще повертати горох на теж саме поле не частіше ніж раз на 4 роки, використовувати безполіцевий (мінімальний) обробіток ґрунту, залишати вищу стерню попередника та вносити добрива безпосередньо під корінь [37]. Згідно дослідження, найбільшими виробниками гороху є Канада, Індія та Китай, де горох вирощують на площі приблизно 1 млн га. Ці країни мають значні обсяги виробництва гороху і роблять значний внесок у світове вирощування гороху [45]. В Україні перші спроби вирощування озимого гороху були здійснені в 2016 році, коли в господарстві «Українка Агро» на Житомирщині посіяли сорт НС Мороз. Цей сорт успішно перезимував навіть при короткочасних температурах до –26 °C, що стало значним досягненням у селекції зимуючого гороху [33]. Дослідження зимуючого гороху в Україні проводилися з метою адаптації цієї культури до умов

південних та центральних регіонів країни, де на сьогодні уже зони ризикованого землеробства, зокрема через зменшення кількості опадів та підвищення температури. Використання зимуючого гороху дозволяє зменшити навантаження на техніку під час весняної посівної кампанії та ефективно використати накопичену за зиму вологу. Зокрема, фермери на Миколаївщині почали вирощувати зимуючий горох, адаптований до місцевого клімату, що дозволяє їм проводити посіви з середини жовтня до середини грудня. Наявність вологи в ґрунті має першочергове значення серед всіх відомих лімітуючих факторів вирощування, особливо у фазу цвітіння та бутонізації [15]. Наступним не менш важливим фактором є забезпечення усіма необхідними елементами живлення, особливо азотом [15]. Виняткове значення надається бобовим культурам і гороху зокрема, через їх здатність розчиняти важкорозчинні ґрунтові фосфати. Ця властивість пов'язана з їхніми виділеннями із кореневої системи [15]. Таким чином, горох здатний покращувати основні показники родючості ґрунту, не тільки накопичуючи в своїх залишках значну кількість азоту, а і використовувати недоступні фосфати. Завдяки цьому і за рахунок азотфіксації ця культура збагачує ґрунт цінною органічною речовиною і біологічним азотом, який надалі використовується наступними культурами у сівозміні. Внесення добрив азотних та азотфіксація, як правило, не сумісні при вирощуванні гороху. Зазвичай внесення азоту знижує фіксацію азоту, але стартовий азот, внесений рано до початку азотфіксації, рекомендувався для вирощування гороху, коли ґрунти мають низький вміст азоту [8]. В іншому дослідженні [9] зазначали, що найвищі врожаї насіння (3,5 т/га) були отримані при внесенні 135 кг/га азотного добрива. Щодо позакореневого внесення молібдену, то це збільшує загальну суху масу бульбочок на рослину. Бульбочки накопичують молібден, який необхідний для підтримки активності бактеріальної та симбіотичної фіксації азоту [19]. Фосфор необхідний для росту гороху і фіксації азоту. Поглинання фосфору горохом коливається від 1,55 до 2,98 кг/га. Таким чином, внесення 30–35 кг/га P_2O_5 є достатнім для задоволення потреби рослини на формування урожаю [23]. На ґрунтах з помірним доступним для рослин вмістом калію внесення 50 кг/га є достатнім для задоволення потреб сільськогосподарських культур та збереження родючості ґрунту [23]. Вплив елементів технології на продуктивність гороху в Лісостепу (за Гангуром і Єремко, 2015) у дослідженні, проведеному в умовах Лівобережного Лісостепу України, проаналізовано реакцію гороху на різні агротехнічні прийоми. Основну увагу автори приділили інокуляції насіння та дозам мінерального живлення. Результати показали, що передпосівне оброблення насіння бульбочковими бактеріями (ризоторфіном) сприяло підвищенню врожайності в середньому на 0,3–0,5 т/га порівняно з контролем. Найкращі результати спостерігалися при поєднанні інокуляції з мінеральним удобренням у дозі N30P60K60, що забезпечило приріст урожайності до 2,9 т/га [16]. Крім того, дослідження вказує на позитивний ефект від застосування фосфорно-калійного удобрення восени та підживлення навесні у фазі бутонізації. Це не лише сприяло

формуванню бобів, а й покращило якість зерна (вміст білка збільшився на 1,4–1,7%) [16]. Описані вище позитивні елементи вирощування та переваги щодо впливу гороху на родючість ґрунтів вимагають перегляду та диверсифікації площ у бік їх збільшення під бобовими культурами та зменшення за рахунок надмірно зростаючих площ під соняшником, який навпаки дуже виснажує ґрунт. Вирощування гороху може стати перспективою для розвитку аграрного сектору. Ця культура надає фермерам нові можливості в технологіях вирощування та має широкі ринки збуту продукції. Збільшення виробництва гороху може підвищити рентабельність фермерських господарств і стимулювати економічний розвиток в сільській місцевості [45].

2. Підбір сортів та строки сівби.

Горох має велику генетичну варіативність, і доступний великий перелік сортів з широким спектром ознак. При виборі сорту гороху враховуються використання культури, регіон, термін посіву, потенціал врожайності, стійкість або толерантність до заморозків і хвороб, придатність до збирання та варіанти збуту. У Європі в одне із досліджень були включені наступні сорти з зазначенням селекційної компанії, країни походження та року реєстрації в дужках: горох зимуючий-Авірон (Флорімон-Депре, Франція, 2013), Черокі (GAE Semences, Франція, 2007), Керлінг (Флорімон-Депре, Франція, 2013), Ендуро (Флорімон-Депре, Франція, 2007), Ізард (Agri-Obtentions, Франція, 2005), Джеймс (Серасем, Франція, 2009); горох ярий-Астронавт (RAGT Semences, Франція, 2012) [32]. Частина із цих сортів наразі випробовуються і в Україні та планується для занесення в Державний реєстр сортів рослин придатних до поширення в Україні.

У напівпосушливих регіонах методи управління посівами, такі як рання сівба, є важливими під час уникнення стресу внаслідок посухи [20]. Через високу чутливість до перезволоження горох не слід вирощувати на ґрунтах з низькими темпами водопоглинання. Горох також дуже чутливий і до засолених ґрунтів [10]. У регіонах Південної Європи осінній посів гороху дозволяє частково уникнути водного стресу, оскільки максимальний розвиток кореневої системи відбувається раніше, ніж за весняної сівби [43]. У Лісостепу ефективним є посів у другій-третьій декаді жовтня, що забезпечує досягнення фази 2–3 листків до настання морозів. При надто ранньому або запізненому посіві знижується зимостійкість рослин [16]. Рекомендації інших селекціонерів щодо посіву це 10 днів до настання стабільних морозів, щоб гороху не зійшов та пролежав у землі всю зиму. У більшості досліджень рекомендовано норму 1,0–1,2 млн схожих насінин на гектар. Густі посіви краще зберігають вологу в ґрунті, але збільшують ризик ураження хворобами [36]. У Туреччині при осінньому посіві гороху було зафіксовано вищу кількість бобів на рослину та більші розміри бобів, тоді як весняний посів забезпечив більше зерен у бобі та вищу масу тисячі насінин [4]. Подібний ефект осіннього посіву виявлено й у бобових та пшениці [32]. Між сортами гороху зимуючого спостерігається значна варіативність у компонентах врожайності. Наприклад, сорт Керлінг забезпечував вищу кількість зерен у бобі, а сорт Черокі відзначався

високою щільністю бобів у один рік і більшою кількістю зерен у іншому. Сорт Ендуро поєднує середні показники більшості компонентів і забезпечує стабільний урожай. Натомість сорт Авірон мав нижчі показники всіх основних складових врожайності [32]. В одному із досліджень [17] проілюстрували зниження врожайності гороху на 50% через ущільнення верхнього орного шару ґрунту, а також продемонстрували цю чутливість у ярого гороху, який висівають рано навесні. У цьому контексті зимуючий горох має перевагу, оскільки цвіте раніше, що дозволяє йому уникнути посухи або температурного стресу в пізніші критичні фази розвитку [43]. Змикання міжряддя є важливим для перехоплення сонячної радіації, захисту ґрунту від ерозії [32] та контролю забур'яненості. Висоту посівів, покриття ґрунту, врожайність зерна та компоненти врожайності шести сортів озимого гороху та одного сорту ярого гороху порівнювали в умовах сходу Австрії у 2014 та 2015 роках. Посіви озимого гороху були більш розвиненими до кінця травня, перш ніж вони сповільнились у рості, а посіви ярого гороху були активнішими з початку червня. Зимуючих горох швидше змикав міжряддя навіть частково почав уже протягом зими та демонстрував швидше повне змикання уже навесні. Ярий горох досяг повного змикання міжряддя наприкінці травня, лише за кілька тижнів до збору врожаю. Урожайність зерна зимуючого гороху була майже вдвічі більшою, ніж у ярого гороху, завдяки вищій щільності бобів, тоді як ярий горох дав більше зерен в бобі, ніж чотири з шести сортів зимуючого гороху, та більшу масу тисячі насінин, ніж шість сортів гороху зимуючого. У дослідженні Neugschwandtner et al. (2020) зимуючі сорти гороху продемонстрували високий рівень зимового виживання – у середньому 94,6% упродовж двох років дослідження. Урожайність гороху зимуючого була значно вищою порівняно з ярим сортом Астронавт-445 г/м² проти 231 г/м² відповідно, а кількість рослинних залишків становила 497 г/м² проти 310 г/м². У цьому дослідженні також оцінювалися шість сортів гороху зимуючого: Авірон, Черокі, Керлінг, Ендуро, Ізард та Джеймс, а також ярий сорт Астронавт. Протягом вегетаційного періоду зимуючі сорти нарощували основну кількість вегетативної маси до кінця травня, тоді як ярий горох продовжував рости до початку червня [32]. Багато дослідників із вивчення джерел вказують на нестабільність врожайності гороху на який впливають багато біотичних і абіотичних факторів. Урожайність зерна гороху коливається від 1,5 до 4 т/га. [31] у дослідженні із селекції зернобобових культур у європейській сівозміні повідомлялося про зниження рівня продуктивності в Іспанії порівняно з Німеччиною це також може бути пов'язано із значною популярністю органічного гороху в Європейських країнах.

3 Проблематика обробітку ґрунту та вплив на продуктивність гороху зимуючого.

Щодо недавніх європейських досліджень то останніми роками все частіше рекомендують використовувати заміну оранки ґрунту системами обробітку ґрунту з мінімальним або нульовим обробітком ґрунту [30], зокрема в напівпосушливих регіонах [32]. Згідно дослідження врожайність насіння гороху збільшилася на

13% при вирощуванні в умовах нульового обробітку ґрунту в порівнянні з традиційним обробітком ґрунту [6]. В інших дослідженнях зазначали, що горох буде рости однаково добре незалежно від системи обробітку ґрунту [9]. Використання цих спрощених систем може зменшити витрати на одиницю площі [30] і можуть мати позитивний вплив на ґрунтове середовище, наприклад, підвищення вмісту вуглецю (C) та покращення мікробної активності [41]. Gajda та інші. [12] досліджували вплив трьох систем обробітку ґрунту: традиційної, мінімальної та no-till на мікробну біомасу, вуглець та вміст азоту, розвиток мікроорганізмів, а також активність дегідрогенази та арилсульфатази. Через вісім років було помічено, що мінімальна система обробітку ґрунту підвищує біологічну активність ґрунту в середньому на 15–40% порівняно зі традиційною системою обробітку ґрунту. Крім того, Małecka-Jankowiak та інші [26] заявили, що довготривале застосування мінімального обробітку ґрунту та прямого посіву було сприятливим для підвищення активності ґрунтових ферментів. Однак переваги систем no-till можуть бути нівельовані великою популяцією бур'янів, що негативно впливає на врожайність бобових. У цьому випадку необхідно використовувати механічні або хімічні методи для зменшення або ліквідації популяції бур'янів [41]. Встановлено, що боротьба з бур'янами здатна підвищити врожайність гороху в середньому на 63%, тоді як за відсутності контролю втрати можуть досягати 40–70% [43]. Без використання хімічних засобів в органічному землеробстві посів гороху можна проводити з вівсом, що також зменшить відсоток вилягання. Система обробітку впливає на фіксацію атмосферного азоту: найбільше N₂ фіксувалося при прямій сівбі (64,6 кг/га), що, ймовірно, зумовлено нижчими мінералізаційними втратами та меншою конкуренцією з ґрунтовым азотом [11]. Азот накопичується з трьох джерел: атмосфери (середнє значення 35,2%), добрив (6,8%) та ґрунту (57,9%), що дорівнює 48,6, 9,9 та 85,4 кг/га відповідно [11]. В дослідженні встановлено, що система обробітку ґрунту має значний вплив на кількість засвоєного азоту, що фіксується горохом з атмосфери: 17,7% при традиційному обробітку ґрунту, 37,9% при мінімальній системі та 50,2% при прямому посіві, що відповідає врожайності зібраного насіння 28,9, 52,0 та 64,4 кг/га відповідно. У післязбиральних рештках кількість азоту, що фіксується з атмосфери урожаєм гороху, також змінюється завдяки системі обробітку ґрунту в діапазоні: 20,2% при традиційному обробітку та 32,6% при прямому посіві (що дорівнює 7,4 та 8,5 кг/га азоту відповідно), але різниця не є суттєвою для дослідження та була в межах похибки [11]. У наступному дослідженні, в умовах Центральної Європи. Середня врожайність гороху становила 4,56 т/га, при цьому найвищі значення були зафіксовані при традиційному обробітку ґрунту (5,19 т/га), тоді як мінімальний обробіток зменшив врожайність на 16,4%, а пряма сівба – на 19,6% [40]. Дослідження проведені у Польщі показують неоднозначні результати: наприклад, Małecka-Jankowiak та інші [26] виявили найвищу врожайність саме при мінімальному обробітку, а найнижчу – при прямій сівбі. Возняк [44] повідомляє про подібні закономірності, тоді

як дослідження Santín-Montanyá et al. [38] не виявило істотних відмінностей між системами обробітку ґрунту. У дослідженні Faligowska та інші було виявлено, що система обробітку ґрунту суттєво впливає на продуктивний ріст гороху. Найбільша врожайність спостерігалася при традиційному обробітку ґрунту і була значно нижчою при прямій сівбі. Відсоток азоту, що отримується з атмосфери, був значно вищим при прямому посіві порівняно із традиційним обробітком ґрунту. N, який накопичувався в біомасі гороху, був отриманий з трьох джерел: атмосфери (35,2%), мінерального добрива N (6,8%) і ґрунту (57,9%). На модифікований відсоток азоту, що виводиться з атмосфери, суттєво впливала система обробітку ґрунту. Найнижче значення (17,7%) спостерігалось при традиційному обробітку ґрунту і найвищий при прямій сівбі (50,2%), що дорівнює 28,9 і 64,4 кг/га відповідно. Кількість азоту, внесеного з мінеральним добривом $(15\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, становила 11,14 кг/га, частина якого накопичувалася в біомасі гороху (4,69 кг), що дорівнює 42,1% [11]. Таким чином, хоча традиційна система обробітку забезпечувала найвищу врожайність, мінімальні системи можуть бути ефективнішими з погляду фіксації атмосферного азоту та довготривалої стійкості агрофітоценозу проте мають мінуси у вигляді збільшення кількості бур'янового компоненту у посіві.

Висновки. Проведено детальний аналіз досліджень гороху зимуючого у світі та Україні. Виявлено що зимуючі форми мають потенціал урожайності, не нижчий, а подекуди й вищий ніж ярі. Сівба пізньою осінню (жовтень-листопад) за умови сприятливої перезимівлі дає змогу максимально ефективно використовувати весняну вологу. Згідно досліджень горох найкраще перезимовує у фазі 2–3 справжніх листків, коли рослина вже сформувала розвинену кореневу систему та має достатньо запасів пластичних речовин для проходження періоду зимового спокою. Проте з огляду цього річного практичного досвіду вирощування гороху зимуючого на півдні України варто дотримуватись рекомендацій селекціонерів, та не допускати проростання восени. Варто зазначити, що найоптимальнішим системою обробітку дослідники вважають мінімальну проте вона збільшує кількість бур'янів у посівах. Застосування гербіцидів є найбільш ефективним прийомом контролю бур'янів. Будь яка система обробітку без гербіцидів призводять до значного підвищення забур'яненості та зниження урожайності культури. Отримані результати можуть бути використані при розробці майбутніх досліджень і як наслідок розробки адаптивних технологій вирощування гороху зимуючого в умовах Центральної України. З аналізу наукових джерел можна зробити висновок, що варто частіше розглядати горох зимуючий, як альтернативу ярому. Розглянуто вплив основних агротехнічних чинників-системи обробітку ґрунту, термінів сівби на фоні застосування гербіцидів на формування урожайності гороху зимуючого в умовах України та світу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Annicchiarico P., Filippi M. Effects of sowing time on pea yield in Italy. *Field Crops Research*. 2007. Vol. 102, no. 2. P. 116–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.006>
2. Berg J. D., Lynd L. R. The Austrian winter pea: A review of its adaptation, agronomy, and potential for use in the U.S. Pacific Northwest. *Field Crops Research*. 1985. Vol. 11, no. 1. P. 61–71.
3. Features of climate change on Ukraine: Scenarios, consequences for nature and agroecosystems / S. Boychenko et al. *Proceedings of National Aviation University, Advances in Aerospace Technology*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>
4. Bozoglu H., Peksen E., Gulumser A. The effects of sowing time on pod and seed yield and some plant characteristics of pea cultivars grown for fresh consumption. *Journal of Agronomy*. 2007. Vol. 6, no. 4. P. 636–640.
5. Bourion V., Dumas B., Coudret A. Cold acclimation in pea: Physiological and biochemical mechanisms. *Field Crops Research*. 2003. Vol. 82, no. 1. P. 65–75. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00088-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00088-X)
6. Carr P. M. et al. Effect of tillage on pea yield and nitrogen fixation in a semiarid environment. *Field Crops Research*. 2009. Vol. 114, no. 3. P. 325–331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.012>
7. Chen X. P., Liao Y. C., Zhang L. Y. Performance of winter and spring peas in the Northern Great Plains of the U.S. *Field Crops Research*. 2006. Vol. 97, no. 3. P. 213–218.
8. Response of pea to rhizobia inoculation and starter nitrogen in Alberta / G. W. Clayton et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2001. Vol. 81, no. 4. P. 637–643. DOI: <https://doi.org/10.4141/P02-089>
9. Deibert E. J., Utter J. T. Pea growth in different tillage systems. *Field Crops Research*. 2004. Vol. 89, no. 2–3. P. 211–221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.002>
10. Duzdemir O. et al. Tolerance of pea cultivars to salinity. *Field Crops Research*. 2009. Vol. 112, no. 2–3. P. 267–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.05.010>
11. The nitrogen fixation and yielding of pea in different soil tillage systems / A. Faligowska et al. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, no. 2. Art. 352. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020352>
12. Gajda A. M., Przewłoka B., Gawryjolek K. Changes in soil quality associated with tillage system applied. *International Agrophysics*. 2013. Vol. 27. P. 133–141. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10247-013-0022-4>
13. Gan Y. et al. Influence of plant population density on the yield of field pea. *Field Crops Research*. 2003. Vol. 83, no. 2–3. P. 209–217. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00126-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00126-X)
14. Hák J., Vyhnaček V., Zapletal J. The role of winter peas in cover crop mixtures in the Czech Republic. *Soil & Tillage Research*. 2011. Vol. 113, no. 2. P. 134–141.
15. The effect of growth-regulating preparations on the yield formation of leguminous crops under conditions of the Southern Steppe of Ukraine / V. Hamaionova et al. *Moldova Știința Agricolă*. 2019. No. 1. P. 34–40.
16. Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність гороху в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 9. С. 40–48.
17. Hebblethwaite P. D., McGowan M. The effects of soil compaction on pea growth and yield. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1980. Vol. 31,

- no. 11. P. 1131–1138. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740311103>
18. Johnston A., Stevenson W. Pea seedling emergence under varying sowing depths. *Crop Science*. 2001. Vol. 41, no. 1. P. 47–52. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.41147x>
 19. Kaiser B. N., Evans H. J., Sulieman S. Molybdenum in legume nitrogen fixation. *Biology and Fertility of Soils*. 2005. Vol. 41, no. 3. P. 161–167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0870-2>
 20. Khan A. et al. Effects of early sowing on pea yield in semi-arid regions. *Field Crops Research*. 2010. Vol. 115, no. 1. P. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.014>
 21. Knott D. R., Belcher W. R. Winter peas: Agronomy and yield potential in the United Kingdom. *Field Crops Research*. 1998. Vol. 58, no. 1. P. 87–94.
 22. Koike T., Masuda K., Tanaka S. Winter pea as a cover crop in temperate farming systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 1996. Vol. 42, no. 1. P. 89–95.
 23. Lafond G. P., Pageau D. Fertilizer recommendations for field peas. *Canadian Journal of Plant Science*. 2010. Vol. 90, no. 2. P. 211–218. DOI: <https://doi.org/10.4141/CJPS09156>
 24. Legrand J., Dumas B., Haug S. Correlation between cysteine and methionine production and cold tolerance in pea. *Environmental and Experimental Botany*. 2013. Vol. 90. P. 37–44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.01.004>
 25. Liu Q., Zhang H., Li S. Field evaluation of winter pea varieties in Northern China for cold tolerance. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 212. P. 123–130.
 26. The effect of long-term tillage systems on some soil properties and yield of pea (*Pisum sativum* L.) / I. Malecka-Jankowiak et al. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 2016. Vol. 15. P. 37–50.
 27. Maqbool M., El-Hassan M., Malik Z. Temperature effects on flowering and pod formation in peas. *Field Crops Research*. 2010. Vol. 116, no. 1. P. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.013>
 28. Mikić A., Mitić S., Tanasijević L. Winter peas in Serbia: Advancements in autumn sowing of legume crops. *Field Crops Research*. 2011. Vol. 126, no. 3. P. 277–283.
 29. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Хід проведення весняно-польових робіт в Україні (оперативні дані моніторингу). Київ, 2020–2025. URL: <https://minagro.gov.ua/> (дата звернення: ...2025).
 30. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment – A review / N. L. Morris et al. *Soil and Tillage Research*. 2010. Vol. 108. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.03.002>
 31. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations / T. Nemecek et al. *European Journal of Agronomy*. 2008. Vol. 28, no. 3. P. 380–393. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.11.004>
 32. Yield structure components of autumn- and spring-sown pea (*Pisum sativum* L.) / R. W. Neugschwandtner et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2020. Vol. 70, no. 2. P. 109–116. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1676463>
 33. Озимий горох успішно перезимував на Житомирщині / SuperAgronom.com. 2017. 27 лют. URL: <https://superagronom.com/news/665-ozimiy-goroh-uspishno-perezimuvav-na-jitomirschini>
 34. Raveneau D., Parvez H., Fendri M. Temperature and germination thresholds for peas. *Journal of Agricultural Science*. 2011. Vol. 149, no. 1. P. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859610001112>
 35. Rubiales D., Fernández-Aparicio M., Sillero J. C. The potential for winter pea cultivation in Mediterranean environments. *Field Crops Research*. 2009. Vol. 110, no. 1. P. 1–7.
 36. Руденко В. Порівняльна продуктивність сортів гороху озимого та ярого залежно від норми висіву в умовах Південного Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук / Одеський державний аграрний університет. Одеса, 2023. URL: <https://uacademic.info/en/document/0823U101081>
 37. Pea growth, yield, and quality in different crop rotations and cultural practices / U. M. Sainju et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2019. Vol. 2, no. 1. Art. 180041. DOI: <https://doi.org/10.2134/age2018.10.0041>
 38. Dry pea (*Pisum sativum* L.) yielding and weed infestation response, under different tillage conditions / M. I. Santín-Montanyá et al. *Crop Protection*. 2014. Vol. 65. P. 122–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.003>
 39. Schillinger W. F. The potential of winter pea in the Pacific Northwest crop rotation system. *Crop Science*. 2017. Vol. 57, no. 6. P. 2417–2426.
 40. Soil compaction and its effects on pea growth and nitrogen fixation / A. Siczek et al. *Soil and Tillage Research*. 2013. Vol. 133. P. 100–110.
 41. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment / B. D. Soane et al. *Soil and Tillage Research*. 2012. Vol. 118. P. 66–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
 42. Державна служба статистики України. Посівні площі сільськогосподарських культур за категоріями господарств : форма № 4-сг (річна) : статистичні бюлетені за 2015–2020 рр. Київ : Державна служба статистики України, 2015–2020. URL: <https://ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: ..2025).
 43. Vocanson A., Jeuffroy M.-H. Agronomic performance of different pea cultivars under various sowing periods and contrasting soil structures. *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100, no. 3. P. 748–759. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0301>
 44. Wóznia A. The yielding of pea (*Pisum sativum* L.) under different tillage conditions. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 2013. Vol. 12. P. 133–141.
 45. Yermolaiev V. M., Hamaiunova V. V. Current trends in pea cultivation in Ukraine and the world. *Agrarian Science and Food Technologies*. 2024. Vol. 136, no. 1. P. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.15>

REFERENCES:

1. Annicchiarico, P., & Filippi, M. (2007). Effects of sowing time on pea yield in Italy. *Field Crops Research*, 102(2), 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.006>
2. Berg, J. D., & Lynd, L. R. (1985). The Austrian winter pea: A review of its adaptation, agronomy, and potential for use in the U.S. Pacific Northwest. *Field Crops Research*, 11(1), 61–71.

3. Boychenko, S., Voloshchuk, V., Movchan, Y., Serdjuchenko, N., Pogorilyy, L., Tkachenko, V., & Tyshchenko, O. (2023). Features of climate change on Ukraine: Scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of National Aviation University, Advances in Aerospace Technology*. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>
4. Bozoglu, H., Peksen, E., & Gulumser, A. (2007). The effects of sowing time on pod and seed yield and some plant characteristics of pea cultivars grown for fresh consumption. *Journal of Agronomy*, 6(4), 636–640.
5. Bourion, V., Dumas, B., & Coudret, A. (2003). Cold acclimation in pea: Physiological and biochemical mechanisms. *Field Crops Research*, 82(1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00088-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00088-X)
6. Carr, P. M., et al. (2009). Effect of tillage on pea yield and nitrogen fixation in a semiarid environment. *Field Crops Research*, 114(3), 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.012>
7. Chen, X. P., Liao, Y. C., & Zhang, L. Y. (2006). Performance of winter and spring peas in the Northern Great Plains of the U.S. *Field Crops Research*, 97(3), 213–218.
8. Clayton, G. W., Middleton, A. B., Solberg, E. D., DeMulder, J., Flore, N., & Bremer, E. (2001). Response of pea to rhizobia inoculation and starter nitrogen in Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, 81(4), 637–643. <https://doi.org/10.4141/P02-089>
9. Deibert, E. J., & Utter, J. T. (2004). Pea growth in different tillage systems. *Field Crops Research*, 89(2-3), 211–221. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.002>
10. Duzdemir, O., et al. (2009). Tolerance of pea cultivars to salinity. *Field Crops Research*, 112(2-3), 267–275. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.05.010>
11. Faligowska, A., Kalembasa, S., Kalembasa, D., Panasevich, K., Szymańska, G., Ratajczak, K., & Skśrypczak, G. (2022). The nitrogen fixation and yielding of pea in different soil tillage systems. *Agronomy*, 12(2), Article 352. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020352>
12. Gajda, A. M., Przewłoka, B., & Gawryjolek, K. (2013). Changes in soil quality associated with tillage system applied. *International Agrophysics*, 27, 133–141. <https://doi.org/10.2478/v10247-013-0022-4>
13. Gan, Y., et al. (2003). Influence of plant population density on the yield of field pea. *Field Crops Research*, 83(2-3), 209–217. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00126-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00126-X)
14. Haki, J., Vyhnaček, V., & Zapletal, J. (2011). The role of winter peas in cover crop mixtures in the Czech Republic. *Soil & Tillage Research*, 113(2), 134–141.
15. Hamaiunova, V., Tuz, M., Bazalii, S., Shyn, Ye., & Hlushko, T. (2019). The effect of growth-regulating preparations on the yield formation of leguminous crops under conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Moldova Știința Agricolă*, (1), 34–40.
16. Hanhur, V.V., & Yeremko, L.S. (2015). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya na produktyvnist horokhu v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of cultivation technology elements on pea productivity under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 9, 40–48. [in Ukrainian]
17. Hebblethwaite, P. D., & McGowan, M. (1980). The effects of soil compaction on pea growth and yield. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31(11), 1131–1138. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740311103>
18. Johnston, A., & Stevenson, W. (2001). Pea seedling emergence under varying sowing depths. *Crop Science*, 41(1), 47–52. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.41147x>
19. Kaiser, B. N., Evans, H. J., & Sulieman, S. (2005). Molybdenum in legume nitrogen fixation. *Biology and Fertility of Soils*, 41(3), 161–167. <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0870-2>
20. Khan, A., et al. (2010). Effects of early sowing on pea yield in semi-arid regions. *Field Crops Research*, 115(1), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.014>
21. Knott, D. R., & Belcher, W. R. (1998). Winter peas: Agronomy and yield potential in the United Kingdom. *Field Crops Research*, 58(1), 87–94.
22. Koike, T., Masuda, K., & Tanaka, S. (1996). Winter pea as a cover crop in temperate farming systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 42(1), 89–95.
23. Lafond, G. P., & Pageau, D. (2010). Fertilizer recommendations for field peas. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(2), 211–218. <https://doi.org/10.4141/CJPS09156>
24. Legrand, J., Dumas, B., & Haug, S. (2013). Correlation between cysteine and methionine production and cold tolerance in pea. *Environmental and Experimental Botany*, 90, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.01.004>
25. Liu, Q., Zhang, H., & Li, S. (2017). Field evaluation of winter pea varieties in Northern China for cold tolerance. *Field Crops Research*, 212, 123–130.
26. Malecka-Jankowiak, I., Blecharczyk, A., Świdorska, D., Sawinska, Z., & Piechota, T. (2016). The effect of long-term tillage systems on some soil properties and yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 15, 37–50.
27. Maqbool, M., El-Hassan, M., & Malik, Z. (2010). Temperature effects on flowering and pod formation in peas. *Field Crops Research*, 116(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.013>
28. Mikić, A., Mitić, S., & Tanasijević, L. (2011). Winter peas in Serbia: Advancements in autumn sowing of legume crops. *Field Crops Research*, 126(3), 277–283.
29. Ministerstvo aharnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. (2020–2025). Khid provedennia vesniano-polovnykh robót v Ukraini (operativni dani monitorynhu) [Progress of spring fieldwork in Ukraine (operational monitoring data)]. Ministerstvo aharnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. <https://minagro.gov.ua> [in Ukrainian].
30. Morris, N. L., Miller, P. C. H., Orson, J. H., & Froud-Williams, R. J. (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment-A review. *Soil and Tillage Research*, 108, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.03.002>
31. Nemecek, T., von Richthofen, J. S., Dubois, G., Casta, P., Charles, R., & Pahl, H. (2008). Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *European Journal of Agronomy*, 28(3), 380–393. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.11.004>
32. Neugschwandtner, R. W., Bernhuber, A., Kammlander, S., Wagentristl, H., Klimek-Kopyra, A., & Kaul, H.-P. (2020). Yield structure components of autumn- and spring-sown pea (*Pisum sativum* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica*,

- Section B-Soil & Plant Science, 70(2), 109–116. <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1676463>
33. SuperAgronom.com. (2017). Ozymyi horokh uspishno perezymuvav na Zhytomyrshchyni [Winter pea successfully overwintered in Zhytomyr Region]. SuperAgronom.com. <https://superagronom.com/news/665-ozimiy-goroh-uspishno-perezimuvav-na-jitomirshchyni> [in Ukrainian].
 34. Raveneau, D., Parvez, H., & Fendri, M. (2011). Temperature and germination thresholds for peas. *Journal of Agricultural Science*, 149(1), 135–142. <https://doi.org/10.1017/S0021859610001112>
 35. Rubiales, D., Fernández-Aparicio, M., & Sillero, J. C. (2009). The potential for winter pea cultivation in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, 110(1), 1–7.
 36. Rudenko, V. (2023). Porivnialna produktyvnist sortiv ozymoho ta yaroho horokhu zalezno vid normy vysivu v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Comparative productivity of winter and spring pea varieties depending on the seeding rate in the Southern Steppe of Ukraine]: avtoref. dys. ... doktora filosofii. Odesa : Odeskyi derzhavnyi ahraryi universytet. [in Ukrainian].
 37. Sainju, U. M., Lenssen, A. W., Allen, B. L., Jabro, J. D., & Stevens, W. B. (2019). Pea growth, yield, and quality in different crop rotations and cultural practices. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 2(1), 180041. <https://doi.org/10.2134/age2018.10.0041>
 38. Santín-Montanyá, M. I., Zambrana, E., Fernández-Getino, A. P., & Tenorio, J. L. (2014). Dry pea (*Pisum sativum* L.) yielding and weed infestation response, under different tillage conditions. *Crop Protection*, 65, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.003>
 39. Schillinger, W. F. (2017). The potential of winter pea in the Pacific Northwest crop rotation system. *Crop Science*, 57(6), 2417–2426.
 40. Siczek, A., et al. (2013). Soil compaction and its effects on pea growth and nitrogen fixation. *Soil and Tillage Research*, 133, 100–110.
 41. Soane, B. D., Ball, B. C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., & Roger-Estrade, J. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 118, 66–87. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
 42. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (2015–2020). Posivni ploshchi silskohospodarskykh kultur za katehoriiami hospodarstv: forma No. 4-sgh (richna): statystychni biuleteni [Sown areas of agricultural crops by category of farms: Form No. 4-sgh (annual): Statistical bulletins]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. <https://ukrstat.gov.ua/>. [in Ukrainian].
 43. Vocanson, A., & Jeuffroy, M.-H. (2008). Agronomic performance of different pea cultivars under various sowing periods and contrasting soil structures. *Agronomy Journal*, 100(3), 748–759. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0301>
 44. Wóznia, A. (2013). The yielding of pea (*Pisum sativum* L.) under different tillage conditions. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 12, 133–141.
 45. Yermolaiev, V. M., & Gamajunova, V. V. (2024). Modern trends in pea cultivation in Ukraine and the world. *Taurian Scientific Herald*, 1(136), 106–115. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.15>
- Смолка О.А., Павлов О.С. Зимуючий горох як альтернатива ярому в умовах змін клімату: роль систем обробітку ґрунту у формуванні продуктивності**
- Мета.** Провести аналітичний огляд сучасних наукових досліджень щодо вирощування зимуючого гороху в умовах змін клімату з акцентом на вплив різних систем основного обробітку ґрунту на рівень забур'яненості та формування продуктивності посівів. **Результати.** У статті розглянуто перспективи вирощування зимуючого гороху, як альтернативи ярому в умовах змін клімату, зокрема в Правобережному Лісостепу та південних регіонах України. Проаналізовано вплив систем обробітку ґрунту, строків сівби, сортових особливостей та агротехнічних заходів на формування врожайності культури. Узагальнено результати дослідження українських та зарубіжних вчених щодо адаптивності гороху зимуючого до осінньо-зимових погодно-кліматичних умов, здатності ефективніше використовувати накопичену ґрунтову вологу та уникати стресових температур у критичні фази росту та розвитку чим встановлено, що зимуючі форми гороху в багатьох випадках забезпечують вищу або стабільнішу врожайність порівняно з ярими завдяки більш ранньому розвитку та довшому періоду вегетації. Показано, що система обробітку ґрунту найбільш істотно впливає на рівень урожайності та біологічну фіксацію азоту: традиційний обробіток часто забезпечує вищу врожайність за рахунок поліпшення структури ґрунту та покращення водопроникності та вологонакопичення, тоді як мінімальний і no-till системи сприяють підвищенню екологічної стійкості та фіксації азоту бульбичковими бактеріями кореневої системи рослини гороху, але можуть посилювати забур'яненість.
- Висновки.** Доцільно впроваджувати інтегровані технології вирощування, що поєднують оптимальні строки сівби, адаптовані сорти, системи обробітку ґрунту та ефективний контроль бур'янів. Горох зимуючий є перспективною культурою в умовах кліматичних змін та є шляхом до підвищення стабільності виробництва зернобобових культур в Україні.
- Ключові слова:** горох зимуючий, обробіток ґрунту, польова схожість, системи землеробства, система захисту, строки сівби, урожайність.
- Smolka O.A., Pavlov O.C. Winter pea as an alternative to spring pea under climate change conditions: the role of tillage systems in productivity formation**
- The aim.** To conduct an analytical review of contemporary scientific studies on the cultivation of winter pea (*Pisum sativum* L.) under climate change conditions, with an emphasis on the impact of different primary tillage systems (conventional and alternative technologies) on weed infestation levels and crop productivity. **Results.** The article examines the prospects of winter pea cultivation as an alternative to spring pea under climate change conditions, particularly in the Right-Bank Forest-Steppe and southern regions of Ukraine. The influence of tillage systems, sowing dates, varietal characteristics, and agronomic practices on crop yield formation is analyzed. The results of studies conducted by Ukrainian and foreign researchers on the adaptability of winter pea to autumn-winter weather and climatic conditions, its ability to use accumulated soil moisture more efficiently, and avoid temperature stresses during critical growth and development stages are summarized. It has been established that winter pea forms in many cases provide

higher or more stable yields compared with spring forms due to earlier development and a longer growing period. It is shown that the tillage system has the most significant effect on yield level and biological nitrogen fixation. Conventional tillage often ensures higher yields due to improved soil structure, enhanced water infiltration, and increased moisture accumulation, whereas minimum and no-till systems contribute to greater environmental sustainability and nitrogen fixation by root nodule bacteria of

pea plants, but may increase weed infestation. **Conclusions.** The feasibility of implementing integrated cultivation technologies combining optimal sowing dates, adapted varieties, tillage systems, and effective weed control is substantiated. Winter pea is a promising crop for adapting agricultural production to climate change and improving the stability of grain legume production in Ukraine.

Key words: winter pea, tillage, field emergence, farming systems, crop protection system, sowing dates, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 22.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ІНТЕГРАЦІЯ ГІС ІНСТИТУЦІЙ У ВИЗНАЧЕННІ ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

СУХОМЛІН Л.В. – кандидат економічних наук

orcid.org/0009-0005-7971-8289

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток геоінформаційних систем (ГІС) та технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) відкриває принципово нові можливості для безперервного моніторингу стану земельних ресурсів. Формування євроінтеграційних механізмів на принципах прийнятої Директиви (ЄС) 2025/2360 [1], метою якого є досягнення здорового стану усіх ґрунтів у ЄС до 2050 року на засадах встановлених єдиних правил оцінки якості ґрунтів, запобігання їх деградації та ефективного управління забрудненими ділянками. За умов військової агресії та тимчасової окупації територій, традиційні наземні методи агрохімічного обстеження ґрунтів стали фізично неможливими через безпекові ризики, мінування та відсутність доступу до об'єктів. У цьому контексті цифрова інтеграція ГІС-платформ та хмарних обчислювальних потужностей, таких як Google Earth Engine (GEE) [2], набуває критичної актуальності. Використання спеціалізованих спектральних індексів, зокрема Barren Soil Index (BSI) [3], у поєднанні з алгоритмами моделювання фізико-хімічних параметрів [4], таких як вміст гумусу, рН, вологість та щільність ґрунту дозволяє здійснювати дистанційний аудит деградаційних процесів. Відсутність належного агротехнічного догляду, зміна гідрологічного режиму, випалювання стерні та деградація гумусового профілю провокують стрімку деградацію ґрунтового покриву. Головна проблема полягає у відсутності апробованих дистанційних методик, які дозволяють в умовах повної відсутності оперативних наземних верифікованих даних (ground truth) диференціювати природні коливання фізико-хімічного складу ґрунту від природної та мілітарогенної деградації. Існуючі ГІС-моделі на сьогодні не враховують специфіку екологічних змін посушливого Степу України, що вимагає розробки адаптованих програмних алгоритмів у середовищі GEE на основі індексу BSI для моніторингу недоступних територій. Тому одним із важливих завдань даного дослідження було дослідження використання космічної спектروفотометрії для визначення фізико-хімічних параметрів ґрунтів з метою покращення розуміння їх стану та впливу на сільськогосподарські угіддя Оріхівського району Запорізької області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання застосування ГІС та ДЗЗ для оцінки параметрів ґрунту досліджуються багатьма вітчизняними та зарубіжними

вченими. Теоретичні основи дистанційного моніторингу агроландшафтів та оцінки вмісту гумусу закладені у працях В. В. Медведєва, Т. Ю. Биндича [5], А. В. Ачасова [6], О. Г. Тараріки [7]. Застосування хмарних обчислень Google Earth Engine для детекції відкритих ґрунтів та розрахунку індексу BSI активно висвітлюється у сучасних дослідженнях С. Т. Nguyen [3], Н. Куцул, М. Лавренюк [8]. Вплив воєнних дій на екологічний стан ґрунтового покриву України та фіксацію мілітаріогенного збитку за допомогою супутникових даних сьогодні активно вивчають такі науковці Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, як С. А. Балюк, А. В. Кучер, М. О. Солоха [9], а також експерти робочих груп з екологічного моніторингу за участю ДУ «Інституту охорони ґрунтів України» на чолі з Ю. Зайцевим, фахові дослідження І. С. Горелика, О. С. Бутенко, Д. М. Баранова [10]. Незважаючи на значну кількість наукових праць у сфері супутникового моніторингу земель, поза увагою залишається низка специфічних питань пов'язаних з адаптацією індексу BSI для мілітарно-деградованих територій. Існуючі алгоритми Barren Soil Index розроблені переважно для класичного моніторингу сільськогосподарських польових масивів, що обробляються, або пустельних територій. Крім того є постійне оновлення програмних ГІС інструментів, які потребують апробації.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та практична реалізація методології дистанційного експрес-моніторингу фізико-хімічного стану ґрунтового покриву сільгоспугідь за допомогою інтеграції ГІС-технологій, хмарної платформи Google Earth Engine [11] в умовах тимчасової окупації та мілітаріогенного навантаження. Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі науково-практичні завдання: Розробка та оптимізація програмного коду у середовищі Google Earth Engine (GEE) для автоматизованої фільтрації та побудови безхмарних медіанних мозаїк супутникових знімків Sentinel-2 на територію дослідження; Адаптація алгоритму розрахунку індексу відкритих ґрунтів (Barren Soil Index – BSI) та реалізувати методу спектрального маскування вегетаційного покриву у межах Оріхівського району. Побудова моделі за спектральними характеристиками відбиття супутникових каналів, індексом BSI за чотирма ключовими фізико-хімічними параметрами ґрунту: показником кислотності (рН), щільністю (Bulk Density), вмістом органічних речовин (Organic Matter) та поточною вологістю (Soil Moisture).



Матеріали та методика досліджень. Формування просторових моделей та аналіз фізико-хімічного складу ґрунту здійснювався у межах території Оріхівського району Запорізької області станом на 2022–2024 рр.. Цей регіон зазнає значного мілітаріогенного навантаження, що робить безпосередній відбір ґрунтових зразків неможливим і зумовлює необхідність використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Основними даними є багатоспектральні супутникові знімки високої роздільної здатності місії Sentinel-2, доступні через хмарну платформу Google Earth Engine. Дані включають спектральні канали видимого, ближнього (NIR) та короткохвильового інфрачервоного (SWIR) діапазонів, які є найбільш інформативними для оцінки характеристик ґрунту.

Методологія дистанційного експрес-моніторингу базується на інтеграції хмарних обчислень у середовищі Google Earth Engine (GEE). На першому етапі розроблено програмний код для збору та автоматизованої фільтрації багатоспектральних знімків Sentinel-2 (L2A) на територію Оріхівського району. Для ідентифікації фізичного стану відкритих ділянок адаптовано алгоритм індексу відкритих ґрунтів (BSI) на основі комбінації каналів SWIR, NIR, Red та Blue. На завершальному етапі побудовано просторові моделі по чотирьом ключовим параметрам: кислотності (pH), щільності (Bulk Density), вмісту органіки (Organic Matter) та поточної вологості (Soil Moisture).

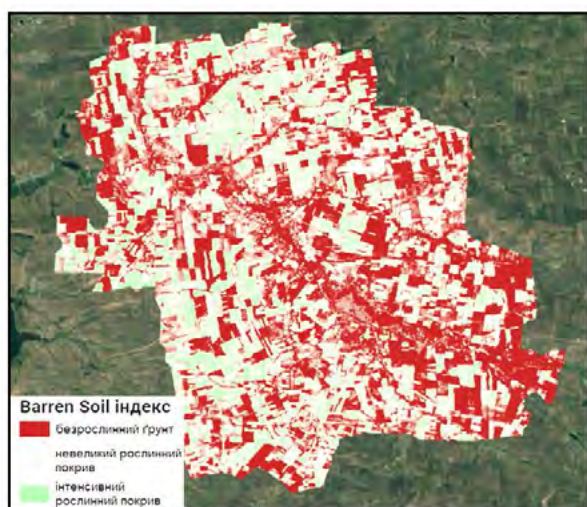
Результати досліджень. Сучасні потреби в інформаційних даних на тимчасово недоступних територіях нашої країни формують попит на пошуки альтернативних дистанційних та безпекових параметрах дослідження ґрунтового покриву для різногалузевих фахівців. Підхід дистанційного моніторингу фізико-хімічного стану ґрунтового покриву Оріхівського району на хмарній платформі Google Earth Engine (GEE) [11] за обраним індексом відкритого ґрунту (BSI) обумовлений саме пріоритетами безпекових ризиків та критичними потребами аграрного сектору для майбутнього відновлення виробництва. Використання індексу BSI на відміну від

NDVI, що аналізує біомасу, BSI оцінює оголений ґрунт [3]. Через короткохвильовий інфрачервоний спектр (SWIR1) він реагує на структуру мінералів, вологість та текстуру, що задовольняє потребу аграріїв у точному картуванні зон дегуміфікації та переущільнення для розрахунку диференційованого внесення добрив і вибору агротехніки [9]. Блок BSI чітко фіксує зони механічного впливу (вирви, фортифікації, польові дороги). Це закриває потребу в первинному безпековому аудиті, дозволяючи агровиробникам дистанційно оцінити обсяги необхідної технічної рекультиваци та пріоритетність розмінування окремих контурів полів.

Пріоритетами ж використання середовища GEE є хмарні обчислення великих даних, адже програмний код виконує математичні операції над терабайтними масивами знімків Sentinel-2 із просторовою розрізненістю 10–20 метрів на серверах Google, задовольняючи потребу в експрес-моніторингу без використання коштовних локальних ГІС-пакетів [2]. Алгоритм автоматично аналізує сотні знімків за весняний період і за допомогою функції «median» генерує безхмарні мозаїки, згладжуючи атмосферні спотворення. Створений JavaScript-код є універсальним. Платформа чітко здійснює масштабованість та часовий синтез і при зміні просторових контурів або часових меж перераховує показники pH, вологості й органіки, а функція reduceRegion виводить площинну статистику [2, 6]. Це забезпечує потребу агрохолдингів та фермерів у ретроспективному аналізі для оцінки реальних збитків та прогнозування динаміки відновлення родючості

Результатом роботи алгоритму за сформованим JavaScript-код є відображення шару індексу Barren Soil у робочій площині (рис. 1, табл. 1) який демонструє розподіл площ сільськогосподарських угідь Оріхівського району за класами Barren Soil індексу та відображає взаємозв'язок спектральних даних із фактичними змінами фізико-хімічних параметрів.

Отримані дані свідчать, що 42,5% площ району зафіксовано у стані абсолютно відкритого мінерального горизонту. В аграрному контексті [4], це нормальний



```
function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('qa60');
  // Bits 10 and 11 are clouds and cirrus, respectively.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;
  // Both flags should be set to zero, indicating clear conditions.
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));
  return image.updateMask(mask).divide(10000);
}

var dataset = ee.ImageCollection('COMPOSITES/S2_SR')
  .filterDate('2022-04-01', '2022-04-30')
  // Pre-filter to get less cloudy granules.
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 10))
  .map(maskS2clouds)
  .median();

var s2 = dataset.clip(UKR_adm);
var visualization = {
  min: 0.0,
  max: 0.5,
  bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
};
// visualization parameters for soil.
var soilvis = {min: 0, max: 0.55, palette: ['brown', 'beige', 'lightgreen']};

// Expression using Image band indexes.
var bandIndexExp = '2.5 * ((b(11) + b(5)) - b(8)) - b(2) / ((b(11) + b(5)) - b(2))';
var bandIndexing = s2.expression(bandIndexExp).rename('soil');
Map.setCenter(48.76, 31.06, 9);
Map.addLayer(s2, visualization, 's2');
Map.addLayer(bandIndexing, soilvis, 'soil');
```

Рис. 1. Відображення коду та сформованого шару Barren Soil індексу

показник для періоду весняної оранки під просапні культури, але значна частина цього класу сформована штучно – внаслідок випалювання рослинності під час обстрілів та появи лінійних логістичних деструкцій [9].

Наявність великого масиву забур'янених та закинутих земель (28,1% бежевої зони) вказує на вимушене припинення класичної сівозміни, що веде до специфічного перерозподілу поживних речовин та вологи у профілі, що замінив колишні інтенсивні посіви зернових і на сьогодні аналізується як перелоги. Така зміна у класифікації угідь повинна відображатися у даних Державного земельного кадастру.

Важливим компонентом оцінки фізико-хімічних властивостей ґрунту є оцінка просторової диференціації його щільності, адже цей показник безпосередньо впливає на пористість, водопроникність та умови розвитку кореневих систем [12]. Картографічна модель, згенерована у Google Earth Engine шляхом нормування відбивної здатності у SWIR-діапазоні та індексу BSI приведена до шкали коефіцієнтів від 0,00 до 1,00, чітко диференціює територію за ступенем ущільнення верхнього горизонту (рис. 2).

Зони мінімального ущільнення [5, 7] (індекси 0,00 – 0,40; світло-зелені відтінки): Переважають у пониженнях рельєфу та долинах річок, де сформовані лучно-чорноземні та лучно-болотні ґрунти. Завдяки високій природній пористості (56–60%) та збереженому трав'яному покриву ці ділянки демонструють низькі значення BSI, що свідчить про пухкий стан поверхневого шару. Коли ґрунт пухкий та структурний, за норми 1,16 г/см³, канали поглинають світло за рахунок мікротіней [7]. При переущільненні важкою технікою поверхня згладжується, відбиття у каналах (B11) (SWIR1) та (BSI) різко зростає, сигналізуючи про ущільнення понад 1,29 г/см³. Зони критичного переущільнення за індексу 0,60–1,00 та щільністю від 1,29 і більше 1,42 (темно-зелені контури,) вказують на умови відсутності класичного обробітку та наявності мілітаріогенних факторів (рух важкої гусеничної та колісної техніки, тривале переущільнення через умови не обробітку) [10] модель фіксує різке падіння пористості, що призводить до руйнування структури, блокування аерації, падіння водо-поглинаючої здатності.

Наступним компонентом моделювання є визначення рівня кислотності /лужності (pH). Це фундаментальний

Таблиця 1

Дані класифікації ґрунту за Barren Soil індексом

Клас за індексом BSI/колір	Частка від заг. площі (%)	Спектральні особливості в GEE	Тренди фізико-хімічних показників	Основні фактори формування
Безрослинний ґрунт / Червоний	42,5%	Максимальне відбиття в SWIR1 (B11) та RED (B4). NDVI < 0,1	Зростання щільності складання (BD > 1,45 г/см ³); падіння вологості; ризик дегуміфікації.	Травневий агротехнічний обробіток; мілітаріогенне переущільнення, вирви, фортифікація
Невеликий рослинний покрив / Бежевий	28,1%	Збалансоване поглинання SWIR та NIR. NDVI: 0,1 – 0,25	Стабілізація pH; помірний вміст лабільної органічної речовини.	Перші етапи забур'янення, перелоги (рудеральні сукцесії); рідкі посіви ярих культур.
Інтенсивний рослинний покрив/ Зелений	29,4%	Максимальне відбиття в NIR (B8) та поглинання в RED. NDVI > 0,25	Оптимальна вологість ґрунту (SM); вищі калійні	Розвинені озимі культури; щільний багаторічний

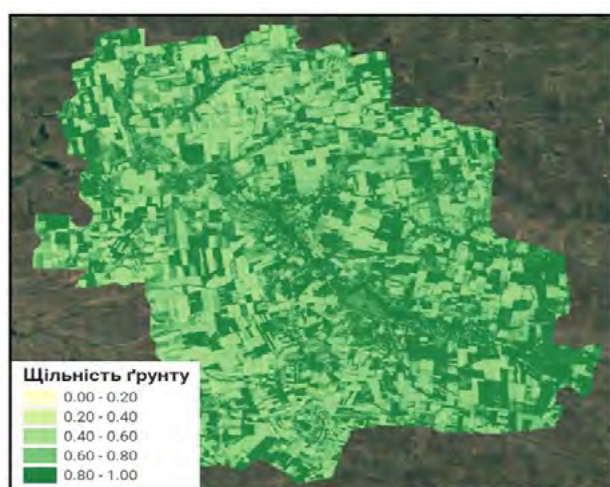


Рис. 2. Відображення сформованого шару оцінки щільності ґрунту

фізико-хімічним індикатор родючості, який визначає рухливість поживних елементів, токсичність важких металів та активність ґрунтової мікрофлори [4, 12]. Аналіз згенерованої карти (рис. 3) та статистичних матриць показує, що ґрунтовий покрив агроландшафтів Оріхівського району за фактором кислотності є високооднорідним та агрономічно сприятливим. Абсолютна більшість територій – 68,5% характеризується нейтральною реакцією ($= 7,0$). Ще 14,2% площ мають близькі до нейтральних показники, що у цілому забезпечує стабільний базовий рівень родючості для 82,7% земельного фонду району. Проте аналітичний інтерес становлять виявлені аномалії, які локалізовано переважно у східних та південно-східних частинах району, а також уздовж русел річок, де поширені лучно-чорноземні ґрунти. На плато поява слаболужних плям ($pH = 7,5-8,2$) свідчить про наближення до поверхні карбонатного горизонту (Phk), що часто викликано прискореною водною або вітровою ерозією та змивом гумусового шару.

Незважаючи на загальну візуальну «зелену норму» карти, дрібнодисперсний аналіз у GEE виявляє локальні лінійні та мозаїчні аномалії лужності ($pH > 8,0$). При зіставленні з картами руйнувань та вирв стає зрозуміло, що глибокі вибухи вивернули на поверхню нижні ілювіальні та карбонатні горизонти ґрунту. Крім того, хімічні залишки вибухових речовин та згорання військової техніки призводять до локального солонцювання ріллі [9, 10]. Таким чином, інтеграція ГІС-технологій дозволяє зафіксувати, що загальний потенціал кислотності району залишається стабільним, але мілітарне навантаження створює дрібноконтуру плямистість, яка ускладнить майбутнє відновлення однорідних посівів.

Вміст органічної речовини (гумусу) є ключовим критерієм потенційної та ефективної родючості ґрунту, що визначає його структурно-агрегатний стан, здатність поглинання та азотний режим [4, 12]. Дистанційний моніторинг гумусового стану в середовищі GEE базується

на закономірностях спектрального відбиття: зі збільшенням кількості органіки оптична щільність ґрунту зростає. Результатом роботи коду є створення нового шару який відображено на рис. 4. Модель оцінки вмісту органічної речовини визначає оптичну закономірність: чим більше органіки, тим темніша поверхня і тим сильніше вона поглинає світло у видимому червоному діапазоні (B4) [7]. Результати просторового моделювання свідчать про надзвичайно високу базову родючість досліджуваного регіону: 89,3% сільськогосподарських угідь Оріхівського району мають високий вміст органічних речовин (5–10%).

Проте, детальний порівняльний ГІС-аналіз виявляє приховані вогнища деградації. Поява 9,1% площ із середнім вмістом (2–5%) та 1,2% з низьким вмістом (0–2%) локалізована у зонах інтенсивного мілітарізованого впливу. Плями середнього вмісту чітко повторюють контури випалених полів та логістичних шляхів військової техніки. Постійні пожежі рослинних решток повністю знищили рухому фракцію органіки, яка забезпечувала безпосереднє живлення мікрофлори. Крім того, механічне перевертання шарів ґрунту при вибухах винесло на поверхню ілювіальні горизонти з низьким вмістом гумусу, що зафіксовано на карті як дрібна червона і рожева плямистість серед суцільного коричневого масиву [10]. Ця деструкція органічного профілю суттєво знижує буферність ґрунтів і вимагатиме тривалих рекультивацийних заходів.

Динаміка поверхневого зволоження є критичним чинником формування фактичної родючості в посушливій підзоні Південного Степу України [7]. Дистанційний моніторинг вологовмісту відкритих ґрунтів у середовищі GEE базується на високій поглинальній здатності молекул води в короткохвильовому інфрачервоному діапазоні (SWIR2, канал B12). Зниження інтенсивності відбиття в цьому каналі свідчить про насичення ґрунту вологою, тоді як сухий та деструктурований

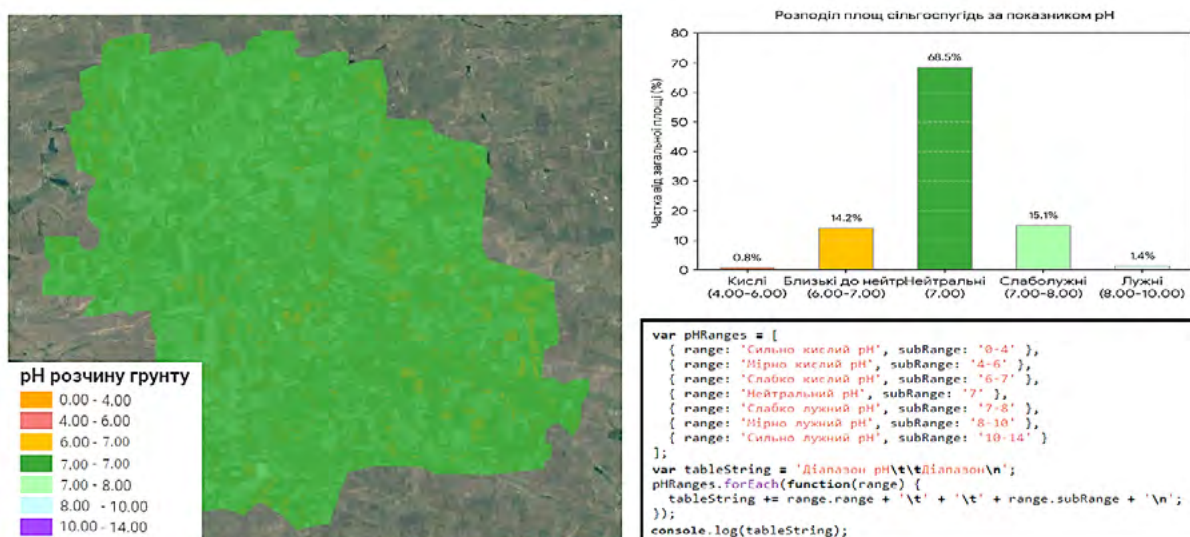


Рис. 3. Відображення коду та сформованого шару pH ґрунту

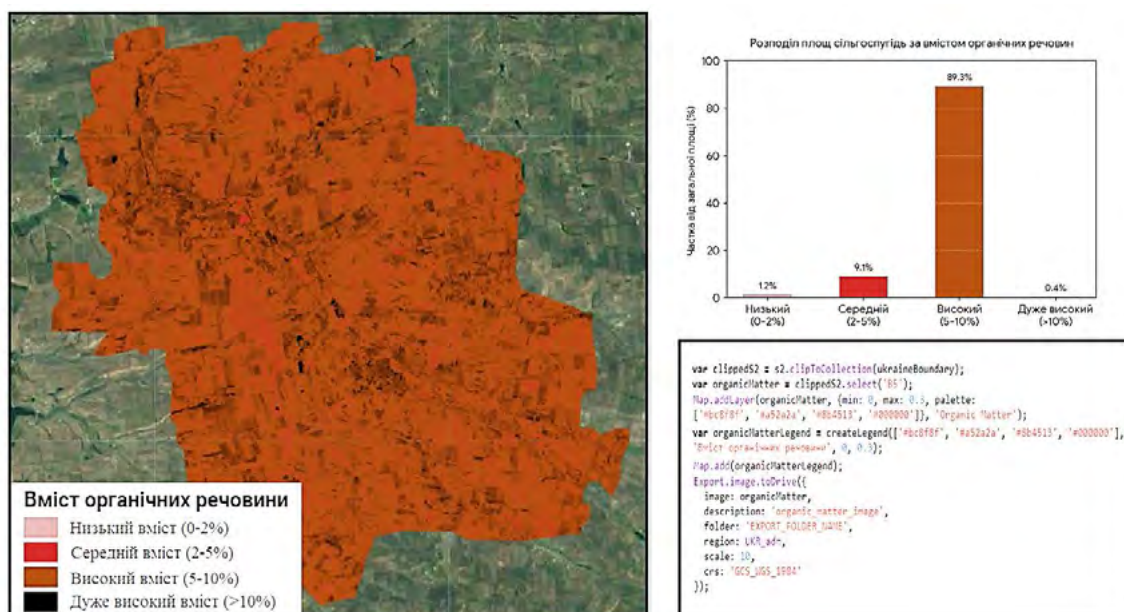


Рис. 4. Відображення коду та сформованого шару вмісту органічних речовин

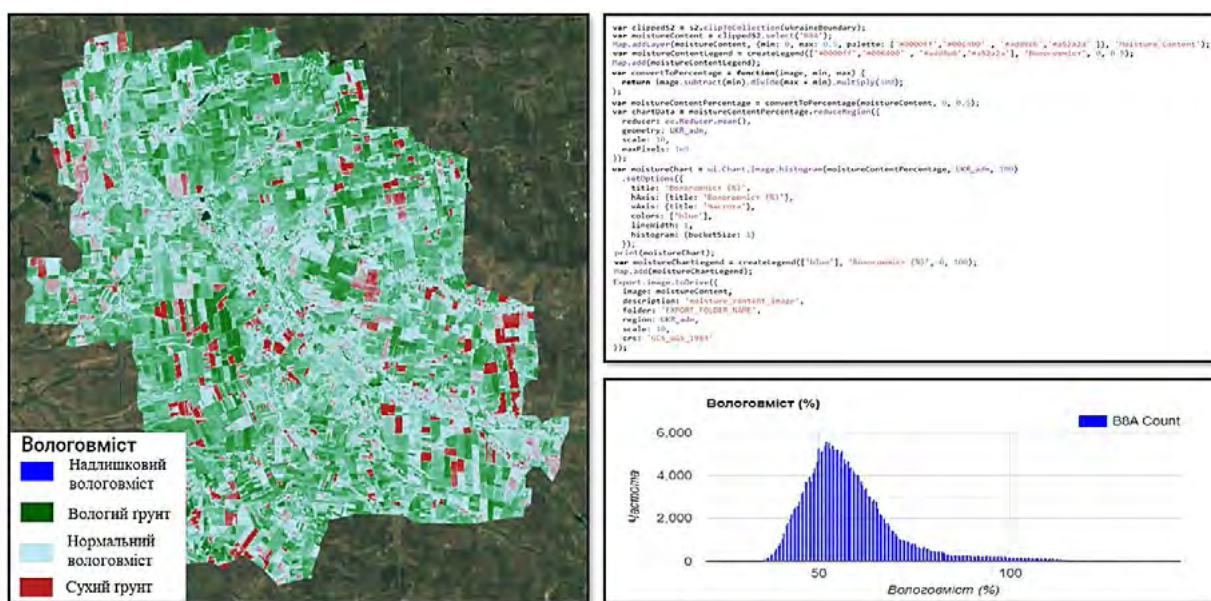


Рис. 5. Відображення коду та сформованого шару вологості ґрунту

мінеральний шар демонструє максимально критичний дефіцит води. У результаті роботи коду сформовано шар рівня зволоження ґрунту (рис. 5).

Аналіз результатуючої моделі показує, що гідрологічний каркас Оріхівського району утримує відносну стабільність: 64,9% земель мають нормальний вміст води, а 26,4% класифіковані як вологі ґрунти. Проте, ключовий аналітичний інтерес для дослідження становить просторове залягання аномального «сухого ґрунту» (8,2%), представленого червоними контурами та дрібними плямами. Механічне здавлювання ґрунту важкою технікою зруйнувало зернисто-комкувату структуру чорноземів, склеїло капіляри й заблокувало нормальну інфільтрацію опадів [9]. Вода не встигає проникати

всередину профілю, а швидко випаровується з оголеної безрослинної поверхні, провокуючи локальний гідрологічний стрес. Таким чином, ГІС-інтеграція дозволяє довести, що мілітарне навантаження викликало не просто локальні пошкодження рельєфу, а запустило процеси штучного висушування й деградації водно-фізичних властивостей орного шару.

Висновки. У результаті проведеного дослідження доведено, що використання середовища Google Earth Engine, супутникових знімків Sentinel-2 у поєднанні з індексом BSI є надійним інструментом для дистанційного експрес-аудиту фізико-хімічного стану земель в умовах повної недоступності до досліджуваної території. По-компонентний аналіз ґрунтів Оріхівського

району підтвердив, що на потенційно високопродуктивних ґрунтах виявлено серйозні мілітаріогенні аномалії штучного переушільнення верхнього орного горизонту на 31,3% площі, що локалізовані вздовж лінійних логістичних шляхів та оборонних споруд від важкої техніки. Це призвело до руйнування пористості та падіння здатності ґрунту вбирати вологу. Механічне переміщення нижніх ілювіальних горизонтів внаслідок вибухів та регулярне випалювання рослинних решток спровокували деґуміфікацію на 10,3% полів, де вміст органіки знизився до середнього та низького рівнів. На цих же ділянках зафіксовано дрібноконтуру плямистість підлуження через вихід на поверхню карбонатів кальцію та хімічної реакції вибухової речовини.

Згенеровані у GEE карти просторового розподілу окремих показників фізико-хімічного стану ґрунту можуть задовольняти оперативні потреби аграріїв. Вони дають змогу безконтактно оцінити обсяги необхідної технічної та хімічної рекультиваци, розрахувати екологічні збитки та визначити пріоритетність полів для відновлення і подальшого використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Directive (EU) 2025/2360 of the European Parliament and of the Council: Directive of 12 November 2025 on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law). Document 32025L2360. URL : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2025/2360/oj> (last accessed 20.11.2025).
2. Давибіда Л. І. Аналіз можливостей і досвіду використання платформи Google Earth Engine для вирішення задач моніторингу довкілля. *Науково-технічний журнал*. 2021. № 2 (24). С. 75–86. DOI: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2\(24\)-75-86](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2(24)-75-86).
3. Nguyen C. T., Chidthaisong, A., Kieu Diem P., and Huo L. Z. A modified bare soil index to identify bare land features during agricultural fallow periods in Southeast Asia using Landsat 8. 2021. Land. 10(3), 231. DOI: 10.3390/land10030231.
4. Практикум з ґрунтознавства: навчальний посібник ; за редакцією проф. Д. Г. Тихоненка. 6-е вид., перероб. і доп. Харків : Майдан, 2009. 448 с.
5. Багатоспектральне космічне сканування в системі моніторингу ґрунтів : монографія / Трускавецький С. Р. та ін. Харків : ФОП Бровін О. В., 2018. 280 с.
6. Геоінформаційні системи як основа сучасного картографування ґрунтів/ Ачасов А. Б., Тітенко А. В., Власов В. О., Курілов В. І. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. № 1-2. С. 9–14. URL: https://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/34226.pdf
7. Агроекологічний супутниковий моніторинг: монографія/ Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л.. Київ.: Аграр. наука, 2019. 204 с.
8. Kussul N. Crop inventory at regional scale in Ukraine: developing in season and end of season crop maps with multi-temporal optical and SAR satellite imagery. Kussul N., Lavreniuk M., Shelestov A., & Skakun S. *European Journal of Remote Sensing*. 2018.51 (1). P. 627–636. DOI: <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1454265>
9. Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземних ґрунтів і заходи з його відновлення : монографія / за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера. Київ : Аграрна наука, 2025. 240 с.
10. Горелик С. І., Баранов Д. М. Визначення об'єму пошкодженого ґрунту сільськогосподарських угідь від військових дій за даними ДЗЗ. *Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022* : зб. матеріалів І Міжнар. наук.-практ. конф. Полтава : НУПП, 2022. С. 189–193. URL: <https://nupp.edu.ua/uploads/files/01/events/conf/2022/i-mnpk-podolannia-eko-rizikiv/zbirnik-materialiv.pdf> .
11. Earth Engine Data Catalog : website. URL.: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-2> (last accessed 08.04.2025).
12. Структура та порядок використання бази даних «Властивості ґрунтів України» : Інструкція. Лактіонова Т. М. та ін. Харків: «Апостроф», 2010. 96 с.

REFERENCES:

1. European Parliament, & Council of the European Union. (2025). Directive (EU) 2025/2360 of 12 November 2025 on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law). URL : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2025/2360/oj> (last accessed 20.11.2025).
2. Davybyda, L. I., (2021). Analiz mozhlyvostei i dosvidu vykorystannia platformy Google Earth Engine dlia vyryshennia zadach monitorynhu dovkillia [Analysis of capabilities and experience of using Google Earth Engine platform for environmental monitoring challenges]. *Naukovo-tekhnichnyi zhurnal*, 2 (24), 75–86. DOI: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2\(24\)-75-86](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2(24)-75-86) [in Ukrainian].
3. Nguyen, C. T., Chidthaisong, A., Kieu Diem, P., & Huo, L. Z. (2021). A modified bare soil index to identify bare land features during agricultural fallow periods in Southeast Asia using Landsat 8. *Land*, 10 (3), Article 231. DOI: 10.3390/land10030231.
4. Tykhonenko, D. H. (Ed.). (2009). *Praktykum z gruntoznavstva: navchalnyi posibnyk* [Practical course on soil science: a textbook] (6th ed.). Kharkiv : Maidan, 448 p. [in Ukrainian].
5. Truskavetskyi, S. R., Byndych, T. Y., Viatkin, K. V., Sherstiuk, O. I., & Koliada, L. P. (2018). Bahatospektralne kosmichne skanuvannia v systemi monitorynhu gruntiv : monohrafiia [Multispectral space scanning in the soil monitoring system: a monograph]. Kharkiv : FOP Brovin O., 280 p. [in Ukrainian].
6. Achasov, A. B., Titenko, H. V., Vlasov, O. V., & Kurilov, V. I. (2014). Heoinformatsiini systemy yak osnova suchasnoho kartohrafuvannia hruntiv [Geographic information systems as a baseline of modern soil mapping]. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoeekologii*, (1-2), 9–14. URL : https://journals.uran.ua/ludina_dov/article/view/34226.pdf. [in Ukrainian].
7. Tarariko, O. H., Syrotenko, O. V., Iliencko, T. V., & Kuchma, T. L. (2019). Ahroekolohichniy suputnykovyi monitorynh: monohrafiia [Agroecological satellite monitoring: a monograph]. Kyiv : Aharna Nauka, 204 p. [in Ukrainian].
8. Kussul, N., Lavreniuk, M., Shelestov, A., & Skakun, S. (2018). Crop inventory at regional scale in Ukraine: developing in season and end of season crop maps with multi-temporal optical and SAR satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 627–636. DOI: <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1454265>.

9. Baliuk, S. A., & Kucher, A. V. (Eds.). (2025). Otsiniuvannia vplyvu zbroinoi ahresii na stan chornozemnykh gruntiv i zakhody z yoho vidnovlennia: monohrafiia. [Assessment of the impact of armed aggression on the state of chernozem soils and measures for its restoration: A monograph]. Kyiv : Aharna Nauka, 240 p. [in Ukrainian].
10. Horelyk, S. I., & Baranov, D. M. (2022). Vyznachennia obiemu poskodzhenoho gruntu silskohospodarskykh uhid vid viiskovykh dii za danyymy DZZ [Determination of the volume of damaged soil of agricultural lands from military operations using remote sensing data]. Podolannia ekolohichnykh ryzykiv ta zahroz dla dovkillia v umovakh nadzvychainykh sytuatsii : zbirnyk materialiv I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Poltava: NUPP, 189–193. URL: <https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2022/i-mnpk-podolannia-eko-rizikiv/zbirnik-materialiv.pdf> [in Ukrainian].
11. Earth Engine data catalog: Sentinel-2. *website*. URL: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-2> (last accessed 08.04.2025).
12. Laktionova, T. M., Medvediev, V. V., Savchenko, K. V., Bihun, O. M., Sheiko, S. M., & Nakisko, S. H. (2010). *Struktura ta poriadok vykorystannia bazy danykh "Vlastyvosti gruntiv Ukrainy": instruktsiia* [Structure and operating procedure of the database "Soil Properties of Ukraine": an instruction]. Kharkiv : Apostrof, 96 p. [in Ukrainian].

Сухомлін Л.В. Інтеграція ГІС інституції у визначенні фізико-хімічного складу ґрунтового покриву

Мета. Обґрунтування та розробка методології дистанційного експрес-моніторингу фізико-хімічного стану ґрунтів сільськогосподарських угідь тимчасово окупованих степових територій в умовах мілітаріогенного навантаження.

Методи. Дослідження базується на безконтактному аудиті земель із використанням геоінформаційних (ГІС) платформ та хмарних обчислень у середовищі Google Earth Engine (GEE). Головним індикатором моделі є індекс відкритих ґрунтів (Barren Soil Index – BSI), розрахований за супутниковими знімками Sentinel-2. Проведено просторовий аналіз за вмістом органічної речовини, щільністю складання, кислотністю та рівнем зволоження ґрунтового покриву.

Результати. Встановлено, що на початок військового вторгнення базовий каркас родючості району залишався стабільним: 89,3% площ мали високий вміст гумусу (5–10%), а 68,5% території – нейтральну реакцію кислотності. Водночас зафіксовано локальні вогнища мілітаріогенної деградації. Виявлено штучне переуцільнення верхнього горизонту (понад 1,42 г/см³) на 31,3% угідь через рух важкої техніки. Визначено ознаки хронічного гідрологічного стресу та осушення орного шару на 8,2% площ, що пов'язано зі змінами кліматичних умов, відсутністю зрошення та руйнуванням

дамб водосховищ. Ознаки дегуміфікації зафіксовано на 10,3% польових масивів внаслідок випалювання стерні та винесення нижніх ілювіальних шарів ґрунту на поверхню в результаті вибухів.

Висновки. Розроблений алгоритм хмарного аналізу в GEE є ефективним інструментом для дистанційної фіксації динаміки змін ґрунтового покриву. Він задовольняє потреби аграріїв та оцінювачів у швидкому отриманні верифікованих геопросторових даних, виступаючи надійною основою для проведення повоєнного екологічного аудиту земель та розрахунку завданих мілітаріогенних збитків.

Ключові слова: фізико-хімічний склад ґрунту, Google Earth Engine, Barren Soil Index, ГІС-модель ґрунтового покриву, мілітаріогенна деградація.

Sukhomlin L.V. Integration of GIS institutions in determining the physicochemical composition of soil cover

Purpose. To substantiate and develop a methodology for remote express monitoring of the physicochemical state of agricultural soils in temporarily occupied steppe territories under conditions of military-induced (militariogenic) load.

Methods. The study is based on a contactless land audit using GIS platforms and cloud computing within the Google Earth Engine (GEE) environment. The primary indicator of the developed model is the Barren Soil Index (BSI), calculated from Sentinel-2 satellite imagery. A detailed spatial analysis was conducted using soil parameters such as organic matter content, bulk density, soil acidity, and moisture levels.

Results. The analysis revealed that at the beginning of the military invasion, the baseline fertility framework of the area remained relatively stable, with 89.3% of the fields featuring high humus content (5–10%) and 68.5% of the territory showing a neutral pH reaction. Concurrently, local hotbeds of militariogenic degradation were recorded. Artificial compaction of the upper soil horizon (exceeding 1.42 g/cm³) was identified on 31.3% of agricultural land due to heavy machinery movement. Signs of chronic hydrological stress and topsoil drying were detected on 8.2% of the areas, driven by changing climatic conditions, lack of irrigation systems, and the destruction of reservoir dams. Soil dehumification was observed on 10.3% of field massifs as a result of stubble burning and the displacement of lower illuvial soil layers to the surface caused by explosions.

Conclusions. The developed cloud-based algorithm in GEE serves as an effective tool for the remote detection of soil cover dynamics. It satisfies the urgent need of farmers and environmental evaluators for rapid acquisition of verified geospatial data, providing a solid foundation for post-war environmental land auditing and damage assessment.

Key words: soil physicochemical composition, Google Earth Engine, Barren Soil Index, GIS soil model, militariogenic degradation.

Дата першого надходження статті до видання: 23.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД БУР'ЯНІВ

ТИЩЕНКО А.В. – доктор сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0003-1918-6223

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

РОДІОНОВ А.В. – аспірант
orcid.org/0009-0003-3229-1690

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Однією з основних олійних культур у світі [1, 13] та в Україні [2] є соняшник. Останнім часом через високу адаптивність та невибагливість до умов вирощування зросли площі та виробництво цієї цінної олійної культури [5]. В країнах світу, і в Україні вчасності, через високий попит на насіння соняшника та продукти його переробки, заохочує виробників до його вирощування, як високорентабельної культури, що є одним з основних джерел їх прибутків [2, 13].

Проте посіви соняшника, як і інших сільськогосподарських культур, засмічуються сеgetальною рослинністю, а їх шкідливість призводить до істотних втрат урожаю, що можуть сягати до 85% при цьому знижуючи і якість насіння [8, 9, 10]. Хоча останнім часом вплив діяльності людини на агрофітоценоз змінюється в позитивну сторону, що робить істотне значення в підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур [4, 6].

Зазвичай найбільш екологічним шляхом зниження засміченості посівів є комплекс агротехнічних заходів, однак численні дослідження вказують на те, що тільки агротехнічними прийомами неможливо повністю очистити посіви від бур'янів, тому необхідно їх поєднання з хімічними засобами. Однак технологія застосування гербіцидів повинна постійно вдосконалюватися. При цьому постійно повинні розроблятися і впроваджуватися нові гербіцидні препарати, а також оптимізуватися їх препаративні форми та досліджуватися резистентність бур'янів до них [3].

Тому постійне вивчення нових гербіцидів (досходових і післясходових), їх поєднання з максимальним спектром контролю бур'янів на протязі тривалого часу є актуальними дослідженнями [7, 11].

Але при вирощуванні соняшнику, як і другої іншої культури, значна увага приділяється показникам економічної ефективності. З одного боку, застосування нових гібридів, препаратів, технологій збільшує врожайність культури, а з іншого може збільшувати витрати на вирощування. Тому застосування тих, чи інших агротехнологічних прийомів при вирощуванні сільськогосподарських культур повинно бути економічно доцільно [12].

Мета роботи. Дослідити економічну ефективність систем гербіцидного захисту при вирощуванні гібридів соняшника.

Завдання і методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2022-2024 рр. на полях ФГ «Плакущенко В.В.», що знаходиться на території Одеської області Великомихайлівського району в с. Гребеники.

Метод закладки польового досліду – розщеплені ділянки. Головні ділянки (фактор А) – гібриди соняшника середньоранньої (*P64LE25* і *Барбатті*) та середньостиглої (*P64LP130* і *Сайберік*) групи; суб-ділянки (фактор В) – застосування досходового гербіциду: (контрольні варіанти (без внесення гербіциду і ручна прополка), діюча речовина (д.р.) S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га, д.р. Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га, д.р. Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га), Оксифлуорфен 240 г/л, нормою 1,0 л/га; суб-субділянки (фактор С) – застосування післясходового гербіциду: (контрольні варіанти (без внесення гербіциду і ручна прополка), д.р. Трибенурон-метил 750 г/кг, нормою 35 г/га і д.р. Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л, нормою 1,1 л/га). Посів широкорядний з міжряддям 70 см. Площа посівної ділянки – 60 м², облікової – 50 м², в чотирьох повторностях. Видовий склад та чисельність бур'янів визначали кількісним методом за допомогою облікових площадок (1 м²), три заміра в кожній повторності [9].

Результати досліджень. В таблиці 1 відображено економічну ефективність вирощування гібридів соняшнику залежно від системи контролювання бур'янів упродовж 2022–2024 рр. У дослідженні оцінено чотири гібриди соняшнику (*P64LE25*, *Барбатті*, *P64LP130* та *Сайберік*) за різних варіантів застосування досходових і післясходових гербіцидів. Економічну ефективність визначали за показниками урожайності, вартості валової продукції, виробничих витрат, чистого прибутку та собівартості продукції.

Встановлено, що на контрольних варіантах без застосування гербіцидів урожайність культури була найнижчою незалежно від гібриду. Так, у гібриду *P64LE25* вона становила 0,95 т/га, у *Барбатті* – 0,96 т/га, у *P64LP130* – 0,98 т/га, тоді як у гібриду *Сайберік* – лише 0,88 т/га. За таких умов чистий прибуток коливався в межах 6820–9170 грн/га, що свідчить про значні втрати економічної ефективності за відсутності контролю бур'янів. Собівартість продукції на цих варіантах була відносно високою і становила 14,14–15,75 грн/кг.



Таблиця 1

Економічна ефективність при вирощуванні гібридів соняшника залежно від боротьби з бур'янами, (2022–2024 рр.)

Гібрид	Застосування досходових гербіцидів	Застосування післяходових гербіцидів	Урожайність, т/га	Вартість насіння, грн/га	Витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість насіння, грн/кг
Р64LE25	Контроль (без внесення гербіциду)		0,95	22325,00	13860,00	8465,00	14,59
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,23	28905,00	15110,00	15045,00	12,28
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,18	27730,00	18410,00	13870,00	15,60
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,33	31255,00	16350,00	17395,00	12,29
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,30	30550,00	16110,00	16690,00	12,39
	Контроль (без внесення гербіциду)	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,35	31725,00	14935,40	17865,00	11,06
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,70	39950,00	16185,40	26090,00	9,52
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,66	39010,00	19485,40	25150,00	11,74
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,79	42065,00	17425,40	28205,00	9,73
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,72	40420,00	17185,40	26560,00	9,99
	Ручна прополка		1,93	45355,00	22635,00	31495,00	11,73
	Середнє		1,47	34480,91	17062,91	20620,91	11,90
Барбатті	Контроль (без внесення гербіциду)		0,96	22560,00	13860,00	8700,00	14,44
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,26	29610,00	15110,00	15750,00	11,99
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,20	28200,00	18410,00	14340,00	15,34
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,32	31020,00	16350,00	17160,00	12,39
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,32	31020,00	16110,00	17160,00	12,20
	Контроль (без внесення гербіциду)	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,37	32195,00	15520,00	18335,00	11,33
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,76	41360,00	16770,00	27500,00	9,53
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,67	39245,00	20070,00	25385,00	12,02
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,80	42300,00	18010,00	28440,00	10,01
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,76	41360,00	17770,00	27500,00	10,10
	Ручна прополка		1,95	45825,00	22635,00	31965,00	11,61
	Середнє		1,49	34972,27	17328,64	21112,27	11,90
Р64LP130	Контроль (без внесення гербіциду)		0,98	23030,00	13860,00	9170,00	14,14
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,26	29610,00	15110,00	15750,00	11,99
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,25	29375,00	18410,00	15515,00	14,73
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,41	33135,00	16350,00	19275,00	11,60
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,34	31490,00	16110,00	17630,00	12,02

Продовження таблиці 1

Сайберік	Контроль (без внесення гербіциду)	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,44	33840,00	15520,00	19980,00	10,78
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,75	41125,00	16770,00	27265,00	9,58
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,73	40655,00	20070,00	26795,00	11,60
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,84	43240,00	18010,00	29380,00	9,79
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,85	43475,00	17770,00	29615,00	9,61
	Ручна прополка		2,00	47000,00	22635,00	33140,00	11,32
	Середнє		1,53	35997,73	17328,64	22137,73	11,56
	Контроль (без внесення гербіциду)		0,88	20680,00	13860,00	6820,00	15,75
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,13	26555,00	15110,00	12695,00	13,37
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,12	26320,00	18410,00	12460,00	16,44
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,20	28200,00	16350,00	14340,00	13,63
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,19	27965,00	16110,00	14105,00	13,54
	Контроль (без внесення гербіциду)	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,23	28905,00	14935,40	15045,00	12,14
	S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,54	36190,00	16185,40	22330,00	10,51
	Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,53	35955,00	19485,40	22095,00	12,74
	Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,65	38775,00	17425,40	24915,00	10,56
	Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,60	37600,00	17185,40	23740,00	10,74
	Ручна прополка		1,77	41595,00	22635,00	27735,00	12,79
	Середнє		1,35	31703,64	17062,91	17843,64	12,93

Примітка: вартість 1 т насіння 23500 грн.

Застосування досходових гербіцидів забезпечувало підвищення урожайності соняшнику та покращення економічних показників. Зокрема, використання препаратів на основі S-метолахлору, пендиметаліну, диметенамід-П та оксифлуорфену сприяло збільшенню врожайності в середньому до 1,12–1,41 т/га залежно від гібриду. Відповідно зростає і чистий прибуток, який у більшості варіантів перевищував 12–19 тис. грн/га. При цьому собівартість продукції зменшувалася порівняно з контролем.

Найбільш ефективними виявилися варіанти сумісного застосування досходових і післясходових гербіцидів. Для гібриду *P64LE25* використання S-метолахлору у нормі 1,6 л/га з подальшим внесенням трибенурон-метилу (35 г/га) забезпечило урожайність 1,70 т/га та чистий прибуток 26090 грн/га. Аналогічна тенденція спостерігалася і для інших гібридів. Так, у гібриду *Барбатті* при застосуванні диметенамід-П (1,2 л/га) у поєднанні з гербіцидом на основі імазапіру та імазамоксу урожайність становила 1,80 т/га, а чистий прибуток – 28440 грн/га. Для гібриду *P64LP130* у подібному варіанті отримано ще вищий результат: урожайність 1,84–1,85 т/га та чистий прибуток 29380–29615 грн/га.

Найвищі показники урожайності у досліді забезпечувала ручна прополка, яка слугувала еталоном

ефективного контролю бур'янів. Урожайність при цьому становила 1,77–2,00 т/га залежно від гібриду, а чистий прибуток досягав 27735–33140 грн/га. Проте цей спосіб характеризувався найбільшими виробничими витратами (22635 грн/га), що обмежує його практичне застосування у виробничих умовах.

У таблиці 2 наведено показники економічної ефективності вирощування насіння соняшника залежно від застосування різних систем контролю бур'янів упродовж 2022–2024 рр. Аналіз даних свідчить, що ефективність вирощування соняшника істотно залежить від використання гербіцидів як у досходовий, так і у післясходовий період. На контрольному варіанті без застосування гербіцидів урожайність культури становила лише 0,94 т/га. При цьому вартість отриманої продукції становила 22148,75 грн/га, виробничі витрати – 13860,00 грн/га, а чистий прибуток – 8288,75 грн/га. Собівартість насіння за таких умов була відносно високою і становила 14,73 грн/кг, що свідчить про низьку економічну ефективність вирощування культури без контролю бур'янів.

Застосування лише досходових гербіцидів сприяло підвищенню врожайності до 1,19–1,31 т/га залежно від препарату. Найкращий результат серед цієї групи

Таблиця 2

Економічна ефективність вирощування насіння соняшника залежно від боротьби з бур'янами, (2022–2024 рр.)

Застосування досходових гербіцидів	Застосування післясходових гербіцидів	Урожайність, т/га	Вартість насіння, грн/га	Витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість насіння, грн/кг
Контроль (без внесення гербіциду)		0,94	22148,75	13860,00	8288,75	14,73
S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,22	28670,00	15110,00	14810,00	12,41
Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,19	27906,25	18410,00	14046,25	15,53
Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,31	30902,50	16350,00	17042,50	12,48
Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	1,29	30256,25	16110,00	16396,25	12,54
Контроль (без внесення гербіциду)	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,29	30315,00	14935,40	16455,00	11,60
S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,62	38070,00	16185,40	24210,00	10,02
Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,59	37482,50	19485,40	23622,50	12,24
Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,72	40420,00	17425,40	26560,00	10,15
Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,66	39010,00	17185,40	25150,00	10,37
Контроль (без внесення гербіциду)	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,40	33017,50	15520,00	19157,50	11,05
S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,76	41242,50	16770,00	27382,50	9,56
Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,70	39950,00	20070,00	26090,00	11,81
Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,82	42770,00	18010,00	28910,00	9,90
Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,81	42417,50	17770,00	28557,50	9,85
Ручна прополка		1,91	44943,75	22635,00	31083,75	11,86

Примітка: вартість 1 т насіння 23500 грн.

препаратів забезпечив диметенамід-П (720 г/л) у нормі 1,2 л/га, за якого урожайність досягла 1,31 т/га. У цьому варіанті вартість валової продукції становила 30902,50 грн/га, витрати – 16350,00 грн/га, а чистий прибуток – 17042,50 грн/га. Собівартість насіння при цьому знизилася до 12,48 грн/кг, що підтверджує економічну доцільність застосування досходових гербіцидів.

Комбіноване застосування досходових гербіцидів із післясходовим внесенням трибенурон-метилу (750 г/кг) значно підвищувало продуктивність культури. Урожайність у таких варіантах становила 1,59–1,72 т/га. Найвищий показник серед цієї групи отримано при застосуванні диметенамід-П у поєднанні з трибенурон-метилом – 1,72 т/га. За цих умов вартість продукції становила 40420,00 грн/га, витрати – 17425,40 грн/га, а чистий прибуток – 26560,00 грн/га. Собівартість продукції знизилася до 10,15 грн/кг, що є значно нижчим показником порівняно з контролем.

Ще вищі економічні показники спостерігалися при використанні післясходового гербіциду на основі імазапіру (15 г/л) та імазамоксу (33 г/л) у нормі 1,1 л/га. У поєднанні з досходовими препаратами урожайність підвищувалася до 1,70–1,82 т/га. Максимальний результат серед гербіцидних варіантів було отримано при застосуванні диметенамід-П у комбінації з імазапіром + імазамоксом – 1,82 т/га. У цьому варіанті вартість валової продукції становила 42770,00 грн/га, витрати – 18010,00 грн/га, а чистий прибуток – 28910,00 грн/га. Собівартість насіння становила 9,90 грн/кг, що є одним із найнижчих показників серед досліджуваних варіантів.

На контрольному варіанті урожайність насіння склала 0,94 т/га, вартість насіння – 22148,75 грн/га та чистий прибуток – 8288,75 грн/га і були найменшими, а собівартість найбільшою – 14,73 грн/кг, серед досліджуваних варіантів. На варіанті за ручної прополки урожайність насіння була найбільшою

Таблиця 3

Економічна ефективність вирощування насіння соняшника залежно від застосування досходових гербіцидів, (2022–2024 рр.)

Застосування досходових гербіцидів	Урожайність, т/га	Вартість насіння, грн/га	Витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість насіння, грн/кг
Контроль (без внесення гербіциду)	0,94	22148,75	13860,00	8288,75	14,73
S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га	1,53	35994,17	16021,80	22134,17	10,66
Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га	1,49	35112,92	19321,80	21252,92	13,19
Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га	1,62	38030,83	17261,80	24170,83	10,84
Оксифлуорфен, 240 г/л, нормою 1,0 л/га	1,58	37227,92	17021,80	23367,92	10,92
Ручна прополка	1,91	44943,75	22635,00	31083,75	11,86

Примітка: вартість 1 т насіння 23500 грн.

і становила 1,91 т/га. Тож, відповідно, і вартість насіння 44943,75 грн/га і чистий прибуток 31083,75 грн/га, також були найвищими серед досліджуваних варіантів. Проте цей варіант характеризувався і найбільшими витратами – 22635,00 грн/га, що сформувало собівартість 1 кг насіння на рівні 11,86 грн (табл. 3).

Застосування препарату з д.р. Пендиметалін 330 г/л сприяло отриманню найменшої врожайності 1,49 т/га, і відповідно, вартість насіння 35112,92 грн/га і чистий прибуток 21252,92 грн/га були найнижчими, а витрати 19321,80 грн/га і собівартість насіння 13,19 грн/кг найвищими серед досліджуваних досходових гербіцидів. При застосуванні S-метолахлор 960 г/л урожайність насіння становила 1,53 т/га при вартості насіння 35994,17 і чистому прибутку 22134,17 грн/га, що було менше за препарати з д.р. Оксифлуорфен 240 г/л і Диметенамід-П 720 г/л, про витрати також були меншими і склали 16021,80 грн/га, що дало змогу отримати найменшу собівартість 1 кг насіння 10,66 грн, серед досліджуваних досходових гербіцидів. За використання Оксифлуорфен 240 г/л урожайність склала 1,58 т/га, вартість насіння – 37227,92 грн/га, чистий прибуток – 23367,92 грн/га, при

витратах – 17021,80 грн/га і собівартості – 10,92 грн/кг. Серед досходових гербіцидів найбільшою врожайністю 1,62 т/га, і відповідно, найвищою вартістю насіння 38030,83 і чистим прибутком 24170,83 грн/га характеризувався варіант із застосуванням Диметенамід-П 720 г/л, проте при витратах 17261,80 грн/га собівартість насіння становила 10,92 грн/кг, що було вище, ніж у гербіциду з д.р. S-метолахлор 960 г/л.

Якщо розглядати застосування післясходових гербіцидів, в середньому по варіантах дослідження, та їх вплив при вирощуванні гібридів соняшника на економічні показники, то при застосуванні Трибенурон-метил 750 г/кг урожайність склала 1,58 т/га, вартість насіння – 37059,50 грн/га, чистий прибуток – 23199,50 грн/га, при витратах – 17043,40 грн/га і собівартості – 10,87 грн/кг, а при використанні Імазапір 15 г/л + імазамокс 33 г/л – 1,70 т/га, 39879,50, 26019,50 грн/га, 17628,00 і 10,43 грн/кг, відповідно (табл. 4).

Серед гібридів найбільшу врожайність 1,53 т/га, вартість насіння 35997,73 грн/га, чистий прибуток 22137,73 грн/га і найменшу собівартість 11,56 грн/кг було отримано у гібрида P64LP130 (табл. 5).

Таблиця 4

Економічна ефективність вирощування насіння соняшника залежно від застосування післясходових гербіцидів, (2022–2024 рр.)

Застосування післясходових гербіцидів	Урожайність, т/га	Вартість насіння, грн/га	Витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість насіння, грн/кг
Контроль (без внесення гербіциду)	0,94	22148,75	13860,00	8288,75	14,73
Трибенурон-метил – 750 г/кг, нормою 35 г/га	1,58	37059,50	17043,40	23199,50	10,87
Імазапір – 15 г/л + імазамокс – 33 г/л, нормою 1,1 л/га	1,70	39879,50	17628,00	26019,50	10,43
Ручна прополка	1,91	44943,75	22635,00	31083,75	11,86

Примітка: вартість 1 т насіння 23500 грн.

Таблиця 5

Економічна ефективність вирощування насіння соняшника в середньому по гібридах, (2022–2024 рр.)

Гібрид	Урожайність, т/га	Вартість насіння, грн/га	Витрати, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість насіння, грн/кг
P64LE25	1,47	34480,91	17062,91	20620,91	11,90
Барбатті	1,49	34972,27	17328,64	21112,27	11,90
P64LP130	1,53	35997,73	17328,64	22137,73	11,56
Сайберік	1,35	31703,64	17062,91	17843,64	12,93

Примітка: вартість 1 т насіння 23500 грн.

У гібрида *Барбатті*, при врожайності насіння 1,49 т/га, вартість насіння склала 34972,27 грн/га, чистий прибуток – 21112,27 грн/га, а собівартість 1 кг насіння становила 11,90 грн. Дещо нижчими показниками характеризувався гібрид *P64LE25* 1,47 т/га, 34480,91 грн/га, 20620,91 грн/га та 11,90 грн/кг відповідно.

Найгіршими економічними показниками характеризувався гібрид *Сайберік* за врожайності 1,35 т/га, при вартості насіння 31703,64 грн/га, чистому прибутку 17843,64 грн/га та собівартості насіння 12,93 грн/кг.

Висновки. Серед досходових гербіцидів найвищу урожайність забезпечив диметенамід-П – 1,62 т/га, що супроводжувалося отриманням вартості продукції 38030,83 грн/га та чистого прибутку 24170,83 грн/га. Найвищі економічні показники серед гербіцидних систем забезпечувало поєднання досходових гербіцидів із сумішшю імазапір + імазамок, за якого урожайність досягала 1,70–1,82 т/га, чистий прибуток – 26090,00–28910,00 грн/га, а собівартість становила лише 9,56–11,81 грн/кг. Максимальний економічний ефект отримано при застосуванні диметенамиду-П у поєднанні з цією сумішшю: урожайність 1,82 т/га, чистий прибуток 28910 грн/га, собівартість 9,90 грн/кг. У середньому за роки досліджень найбільш економічно вигідним гібридом був *P64LP130*, який забезпечив урожайність 1,53 т/га, чистий прибуток 22137,73 грн/га та найнижчу собівартість 11,56 грн/кг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- González-Alonso A., Ramírez-Tortosa C., Varela-López A., Roche E., Arribas M., et al. Sunflower Oil but Not Fish Oil Resembles Positive Effects of Virgin Olive Oil on Aged Pancreas after Life-Long Coenzyme Q Addition. *Int. J. Mol. Sci.* 2015. Vol. 16. P. 23425–23445.
- Hladni N. Present status and future prospects of global confectionery sunflower production. *Proceedings of 19-th International sunflower conference*. Edirne, Turkey, 2016. Pp. 45–59.
- Idziak R., Zenon W. Efficacy of Reduced Rates of Soil-Applied Dimethenamid-P and Pendimethalin Mixture Followed by Postemergence Herbicides in Maize. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, Issue 163. P. 2–11. DOI: 10.3390/agriculture10050163
- Jabran K., Cheema Z.A., Farooq M. and Hussain M. Lower doses of pendimethalin mixed with allelopathic crop water extracts for weed management in canola (*Brassica napus*). *Int. J. Agric. Biol.* 2010. Vol. 12. P. 335–340.
- Khatun M., Hossain T.M., Miah M.M., Khandoker S., Rashid M.A. Profitability of sunflower cultivation in some selected sites of Bangladesh. *Bangladesh J. Agric. Res.* 2016. Vol. 41. P. 599–623.
- Liakat Ali, Hyun Jo, Jong Tae Song, Jeong-Dong Lee. The Prospect of Bentazone-Tolerant Soybean for Conventional Cultivation. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. P. 1650. DOI:10.3390/agronomy10111650
- Marinov-Serafimov P., et al. Influence of some herbicides on forage quality of alfalfa. *Rastenievadna nauka (Bulgarian Journal of Crop Science)*. 2016. Vol. 53, Issue 5–6. P. 67–75. http://cropscience-bg.org/page/en/details.php?article_id=311
- Merga B., Alemu N. Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Cogent Food Agric.* 2019.5:1620152. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1620152>.
- Sherwani S.I., Arif I.A., Khan H.A. Modes of Action of Different Classes of Herbicides. *Herbic. Physiol. Action Saf.* 2015. P. 165–186. DOI: 10.5772/61779
- Soltani N., Nurse R.E., Shropshire Ch., Sikkema P.H. Weed Control, Environmental Impact and Profitability of Pre-Plant Incorporated Herbicides in White Bean. *American Journal of Plant Sciences*. 2012. Vol. 3. P. 846–853. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.37102>
- Sunitha N., Reddy P.M., Sadhineni M. Effect of cultural manipulation and weed management practices on weed dynamics and performance of sweet corn (*Zea mays* L.). *Indian J. Weed Sci.* 2010. Vol. 42. P. 184–188.
- Бурка А. Ринок соняшнику України: стан, тенденції, перспективи. *Економіка АПК*. 2008. №1. С. 23–25.
- Меліх О.О., Пасменко Н.В. Сучасний стан та напрями розвитку ринку соняшникової олії в Україні. *Економіка харчової промисловості*. 2015. Т. 7. Вип. 3. С. 15–20.

REFERENCES:

- González-Alonso, A. et al. (2015). Sunflower Oil but Not Fish Oil Resembles Positive Effects of Virgin Olive Oil on Aged Pancreas after Life-Long Coenzyme Q Addition. *Int. J. Mol. Sci.* 16, 23425–23445
- Hladni, N. (2016). Present status and future prospects of global confectionery sunflower production. *Proceedings of 19-th International sunflower conference*. Edirne, Turkey, 47–60.
- Idziak, R. & Zenon, W. (2020) Efficacy of Reduced Rates of Soil-Applied Dimethenamid-P and Pendimethalin Mixture Followed by Postemergence Herbicides in Maize. *Agriculture*. 10(163), 2–11. doi:10.3390/agriculture10050163
- Jabran, K., Cheema, Z.A., Farooq, M. & Hussain, M. (2010). Lower doses of pendimethalin mixed with allelopathic crop water extracts for weed management in canola (*Brassica napus*). *Int. J. Agric. Biol.* 12, 335–340.
- Khatun, M. & et al. (2016). Profitability of sunflower cultivation in some selected sites of Bangladesh. *Bangladesh J. Agric. Res.* 41, 599–623.
- Liakat, A., Hyun, J., Jong, T.S. & Jeong-Dong, L. (2020). The Prospect of Bentazone-Tolerant Soybean for Conventional Cultivation. *Agronomy*. 10, 1650. doi:10.3390/agronomy10111650.
- Marinov-Serafimov, P. et al. (2016). Influence of some herbicides on forage quality of alfalfa. *Rastenievadna nauka (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 53(5–6), 67–75. http://cropscience-bg.org/page/en/details.php?article_id=311
- Merga, B. & Alemu, N. (2019). Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Cogent Food Agric.* 5:1620152. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1620152>.
- Sherwani, S.I., Arif, I.A. & Khan, H.A. (2015). Modes of Action of Different Classes of Herbicides. *Herbic. Physiol. Action Saf.* 165–186. DOI: 10.5772/61779
- Soltani, N., Nurse, R.E., Shropshire, Ch. & Sikkema, P.H. (2012). Weed Control, Environmental Impact and Profitability of Pre-Plant Incorporated Herbicides in White Bean. *American Journal of Plant Sciences*. 3, 846–853. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.37102> Published Online July 2012

11. Sunitha, N., Reddy, P.M. & Sadhineni M. (2010). Effect of cultural manipulation and weed management practices on weed dynamics and performance of sweet corn (*Zea mays* L.). *Indian J. Weed Sci.* 42, 184–188.
12. Burka, A. (2008). Rynok soniashnyku Ukrainy: stan, tendentsii, perspektyvy [The Ukrainian sunflower market: current situation, trends and prospects]. *Ekonomika APK*, 1, 23–25 [in Ukrainian].
13. Melikh, O.O., & Pasmenko, N.V. (2015). Suchasnyi stan ta napriamy rozvytku rynku soniashnykovoi olii v Ukraini [Current state and development trends of the sunflower oil market in Ukraine]. *Ekonomika kharchovoi promyslovosti*, 7(3), 15–20. [in Ukrainian].

Тищенко А.В., Родіонов А.В. Економічна ефективність вирощування гібридів соняшника залежно від системи захисту від бур'янів

Мета. Дослідити економічну ефективність систем гербіцидного захисту при вирощуванні гібридів соняшника. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2022–2024 рр. на полях ФГ «Плакущенко В.В.», що знаходиться на території Одеської області Великомихайлівського району в с. Гребеники. Метод закладки польового досліду – розщеплені ділянки. Головні ділянки (фактор А) – гібриди соняшника середньоранньої (P64LE25 і Барбатті) та середньостиглої (P64LP130 і Сайберік) групи; суб-ділянки (фактор В) – застосування досходового гербіциду: (контрольні варіанти (без внесення гербіциду і ручна прополка), діюча речовина (д.р.) S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га, д.р. Пендиметалін 330 г/л, нормою 6,0 л/га, д.р. Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га), Оксифлуорфен 240 г/л, нормою 1,0 л/га; суб-субділянки (фактор С) – застосування післясходового гербіциду: (контрольні варіанти (без внесення гербіциду і ручна прополка), д.р. Трибенурон-метил 750 г/кг, нормою 35 г/га і д.р. Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л, нормою 1,1 л/га). Результати досліджень. Ефективність вирощування соняшника істотно залежала від системи захисту від бур'янів. На контрольних варіантах без застосування гербіцидів урожайність становила лише 0,88–0,98 т/га, чистий прибуток – 6820–9170 грн/га, а собівартість продукції була найвищою – 14,14–15,75 грн/кг, що свідчить про низьку економічну доцільність вирощування без захисту посівів. Застосування лише досходових гербіцидів підвищувало урожайність до 1,19–1,31 т/га, чистий прибуток – до 14046,25–17042,50 грн/га, а собівартість зменшувалася до 12,48–15,53 грн/кг. Найефективнішим препаратом був диметенамід-П, який забезпечив урожайність 1,31 т/га та чистий прибуток 17042,50 грн/га. Поєднання досходових гербіцидів із трибенурон-метилом підвищувало урожайність до 1,59–1,72 т/га, чистий прибуток – до 23622,50–26560,00 грн/га, а собівартість знижувалася до 10,02–12,24 грн/кг. Найвищі економічні показники серед гербіцидних систем забезпечувало поєднання досходових гербіцидів із сумішшю імазапір + імазамокс, за якого урожайність досягала 1,70–1,82 т/га, чистий прибуток – 26090,00–28910,00 грн/га, а собівартість становила лише 9,56–11,81 грн/кг. Максимальний економічний ефект отримано при застосуванні диметенамід-П у поєднанні з цією сумішшю: урожайність 1,82 т/га, чистий прибуток 28910 грн/га, собівартість 9,90 грн/кг. У середньому за роки досліджень найбільш економічно вигідним гібридом був P64LP130, який забезпечив урожайність 1,53 т/га, чистий прибуток

22137,73 грн/га та найнижчу собівартість 11,56 грн/кг. Найнижчі економічні показники сформував гібрид Сайберік – 1,35 т/га, 17843,64 грн/га чистого прибутку та 12,93 грн/кг собівартості. **Висновки.** Серед досходових гербіцидів найвищу вартість продукції 38030,83 грн/га та чистий прибуток 24170,83 грн/га забезпечив диметенамід-П. Найвищі економічні показники серед гербіцидних систем забезпечувало поєднання досходових гербіцидів із сумішшю імазапір + імазамокс з чистим прибутком – 26090,00–28910,00 грн/га та собівартістю 9,56–11,81 грн/кг. Максимальний економічний ефект отримано при застосуванні диметенамід-П у поєднанні з імазапір + імазамокс – чистий прибуток 28910 грн/га, собівартість 9,90 грн/кг. У середньому за роки досліджень найбільш економічно вигідним гібридом був P64LP130 з чистим прибутком 22137,73 грн/га та найнижчою собівартістю 11,56 грн/кг.

Ключові слова: соняшник, гібриди, досходові та післясходові гербіциди, врожайність, собівартість, чистий прибуток.

Tyshchenko A.V., Rodionov A.V. The economic efficiency of growing sunflower hybrids depending on the weed control system

Purpose. To investigate the cost-effectiveness of herbicide control systems in the cultivation of sunflower hybrids. **Methods.** The research was conducted during 2022–2024 in the fields of the FG "Plakushchenko V.V.", located in the territory of the Odessa region, Velykomykhailivskiy district, in the village of Grebenyky. Field experiment design method – split plots. Main plots (factor A) – sunflower hybrids of mid-early (P64LE25 and Barbatti) and mid-season (P64LP130 and Siberik) groups; sub-plots (factor B) – pre-emergence herbicide application: (control variants (without herbicide application and manual weeding), active ingredient (a.i.) S-metolachlor 960 g/l, rate 1.6 l/ha, a.i. Pendimethalin 330 g/l, rate 6.0 l/ha, a.i. Dimethenamid-P 720 g/l, rate 1.2 l/ha), Oxyfluorfen 240 g/l, rate 1.0 l/ha; sub-subplots (factor C) – application of post-emergence herbicide: (control variants (without herbicide application and manual weeding), d.r. Tribenuron-methyl 750 g/kg, rate 35 g/ha and d.r. Imazapyr 15 g/l + Imazamox 33 g/l, rate 1.1 l/ha). **Research results.** The efficiency of sunflower cultivation depended significantly on the weed control system. In the control plots where no herbicides were used, the yield was only 0.88–0.98 t/ha, with a net profit of 6,820–9,170 UAH/ha, whilst the production cost was the highest at 14.14–15.75 UAH/kg, indicating that growing sunflowers without crop protection is not economically viable. The use of pre-emergence herbicides alone increased yield to 1.19–1.31 t/ha, net profit to 14,046.25–17,042.50 UAH/ha, whilst the production cost fell to 12.48–15.53 UAH/kg. The most effective product was dimethenamid-P, which yielded 1.31 t/ha and a net profit of 17,042.50 UAH/ha. The combination of pre-emergence herbicides with tribenuron-methyl increased yield to 1.59–1.72 t/ha, net profit to 23,622.50–26,560.00 UAH/ha, whilst the production cost fell to 10.02–12.24 UAH/kg. The highest economic performance among the herbicide systems was achieved by combining pre-emergence herbicides with a mixture of imazapyr and imazamox, yielding 1.70–1.82 t/ha and a net profit of 26,090.00–28,910.00 UAH/ha, whilst the production cost was only 9.56–11.81 UAH/kg. The maximum economic benefit was achieved when dimethenamid-P was applied in combination with this mixture: a yield of 1.82 t/ha, a net profit of 28,910 UAH/ha, and

a production cost of 9.90 UAH/kg. On average over the years of the study, the most economically viable hybrid was *P64LP130*, which yielded 1.53 t/ha, generated a net profit of 22,137.73 UAH/ha and had the lowest production cost of 11.56 UAH/kg. The hybrid 'Saiberik' recorded the lowest economic performance: 1.35 t/ha, a net profit of 17,843.64 UAH/ha and a production cost of 12.93 UAH/kg.

Conclusions. Among pre-emergence herbicides, dimethenamid-P delivered the highest crop value of 38,030.83 UAH/ha and a net profit of 24,170.83 UAH/ha. The highest economic performance among herbicide systems was achieved by combining pre-emergence herbicides

with a mixture of imazapyr + imazamox, yielding a net profit of 26,090.00–28,910.00 UAH/ha and a production cost of 9.56–11.81 UAH/kg. The maximum economic benefit was achieved when dimethenamid-P was applied in combination with imazapyr + imazamox – a net profit of 28,910 UAH/ha and a production cost of 9.90 UAH/kg. On average over the years of the study, the most economically viable hybrid was *P64LP130*, with a net profit of 22,137.73 UAH/ha and the lowest production cost of 11.56 UAH/kg.

Key words: sunflower, hybrids, pre-emergence and post-emergence herbicides, yield, production cost, net profit.

Дата першого надходження статті до видання: 30.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ТОРФОВИХ СУБСТРАТІВ ДЛЯ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

ТКАЧУК О.П. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0002-0647-6662

Вінницький національний аграрний університет

МАЗУР О.В. – доктор філософії з агрономії, старший викладач

orcid.org/0000-0002-1763-7548

Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Останніми роками тепличне господарство є однією з найбільш динамічних та капіталомістких галузей агропромислового комплексу. У зв'язку з переходом до інтенсивних технологій вирощування овочевих і квіткових культур, традиційні методи ґрунтового вирощування все частіше замінюються використанням штучних ґрунтових субстратів. Вони дозволяють точно контролювати кореневе живлення та водний режим [1].

Проте, ефективність захищеного ґрунту напряму залежить від фізико-хімічних, агрохімічних та біологічних властивостей використовуваних субстратів (вміст органічних речовин, кислотність рН, електропровідність, пористість, вологемність). Недостатньо обґрунтований вибір субстрату, його дисбаланс за поживними елементами або невідповідність фізичних параметрів біологічним вимогам вирощуваної культури призводять до зниження врожайності, погіршення якості продукції та зайвих економічних витрат [2].

Незважаючи на різноманітність комерційних субстратів на ринку, на практиці часто виникає проблема відсутності адаптованих та експресних методик комплексної оцінки їхніх параметрів безпосередньо в умовах конкретного тепличного комбінату. У зв'язку з цим, виникає гостра необхідність наукового обґрунтування та розробки критеріїв оптимізації ґрунтових сумішей, що дозволить мінімізувати ризики та підвищити рентабельність тепличного виробництва [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оптимізації та оцінки параметрів середовища вирощування в захищеному ґрунті постійно перебувають у центрі уваги провідних вітчизняних та закордонних учених. Наразі сформувалося кілька ключових напрямів вивчення цієї проблеми.

Вплив фізико-хімічних показників субстратів, зокрема кислотності рН та електропровідності ЕС на фізіологічний стан рослин та інтенсивність поглинання елементів живлення детально висвітлено у фундаментальних працях агрохіміків. Дослідники доводять, що навіть незначні відхилення рН від оптимальних меж (6,0–7,0 для більшості тепличних культур) провокують блокування доступності фосфору та мікроелементів, що веде до зниження загальної біологічної продуктивності агроценозу [4].

Значна частина сучасних публікацій присвячена порівняльній характеристиці різних типів субстратів – як

органічного походження (торф'яні суміші, кокосове волокно), так і мінерального (мінеральна вата, перліт, цеоліти). У роботах фахівців із закритого ґрунту акцентується увага на водно-фізичних властивостях цих матеріалів: їхній вологемності, аерації та капілярній провідності, які безпосередньо впливають на архітектоніку кореневої системи [5].

Окремим вагомим вектором досліджень є розробка інноваційних систем моніторингу та управління мікрокліматом і параметрами кореневої зони. Впровадження автоматизованого контролю параметрів субстрату в режимі реального часу (за допомогою датчиків солевмісту та вологості) вивчалось багатьма інженерами-дослідниками штучних екосистем. Проте такі рішення частіше розглядаються в контексті повністю автоматизованих гідропонних систем малооб'ємного вирощування [6].

Водночас, попри глибоке вивчення окремих фізичних чи хімічних характеристик, комплексний підхід до експрес-оцінки параметрів комерційних та локально виготовлених субстратів безпосередньо в умовах середніх і малих тепличних господарств залишається висвітленим недостатньо. Більшість наявних методик вимагають тривалого лабораторного аналізу, що обмежує їхнє оперативне застосування на практиці [7].

Таким чином, за наявності значної теоретичної бази, існує потреба в розробці адаптованої системи експрес-моніторингу та верифікації технологічних параметрів ґрунтових субстратів. Недостатньо вивченим залишається алгоритм оперативного коригування показників сумішей безпосередньо під час вегетаційного періоду культур при виявленні перших ознак дисбалансу середовища.

Мета. Метою дослідження є проведення комплексної порівняльної оцінки фізико-хімічних, агрохімічних та водно-фізичних параметрів основних типів торфових субстратів, що використовуються в сучасному тепличному господарстві, для визначення їхнього впливу на архітектоніку кореневої системи та продуктивність культур, а також обґрунтування найбільш оптимізованих сумішей для умов закритого ґрунту.

Матеріали та методика досліджень. Об'єктами дослідження слугували три найбільш популярні та репрезентативні на аграрному ринку України промислові субстрати на основі торфу, що відрізняються за своїм фракційним складом, рівнем кислотності та цільовим



призначенням: професійний торф'яний субстрат TM PEATFIELD «Для розсади» (виробник – ТОВ «Торф Ленд Україна», Рівненська обл.). Субстрат виготовлений на основі високоякісного верхового сфагнового торфу дрібної фракції (0–5 мм), нейтралізований вапняковим борошном та заправлений стартовим комплексом водорозчинних мінеральних добрив; Готовий торф'яний субстрат TM ECO PLUS «Універсальний» (Рівненська обл.). Матриця субстрату сформована шляхом поєднання верхового та перехідного торфів середньої фракції (0–15 мм), що забезпечує підвищену аерацію та тривалу стійкість до злежування в умовах малооб'ємної культури; Професійне торфове середовище Rich Land «Flora Plus» для кислотолюбних рослин (виробник – компанія «Rich Land», Україна). Субстрат базується на чистому верховому торфі грубої фракції зі збереженням природної високої кислотності та мінімальним стартовим сольовим навантаженням.

Методологія дослідження базується на системному аналізі, порівнянні та теоретико-агрономічному опрацюванні офіційних даних, технічних специфікацій та інформаційного маркування на упаковках торф'яних субстратів провідних вітчизняних виробників. Такий підхід дозволяє оцінити задекларований технологічний потенціал продукції безпосередньо з позиції кінцевого споживача на етапі планування виробничого циклу.

Процес дослідження містив кілька послідовних етапів збирання, верифікації та структурування інформації, представленої виробниками: проведено порівняльний аналіз задекларованих показників активної кислотності pH, питомої електропровідності ЕС та вмісту доступних форм макроелементів (N, P, K). На основі аналізу технічних описів фракційного складу та компонентної матриці (наявність змочувальних агентів, перліту, типів вихідного торфу) проведено теоретичну оцінку вологості, аерації та стійкості кожного зразка до деградації й усадки. Проаналізовано офіційні рекомендації виробників щодо сумісності субстратів із конкретними групами овочевих, квіткових та садово-паркових культур. На основі цього розроблено диференційовану матрицю застосування торфосумішей у тепличному господарстві. Отримані з офіційних джерел та маркувань цифрові та якісні дані були систематизовані, зведені у порівняльні таблиці та піддані логічному та системно-структурному аналізу для формування об'єктивних висновків.

Результати досліджень. У сучасному захищеному ґрунті кореневі середовища класифікують за походженням на органічні (торф, кокос, деревно-волокнисті плити) та неорганічні/мінеральні (мінеральна вата, перліт, вермикуліт, керамзит). За характером взаємодії з поживним розчином їх поділяють на активні (мають високу ємність катіонного обміну – торф, біогумус) та інертні (хімічно нейтральні, слугують лише опорою – мінеральна вата, перліт) [8].

Торф є найпоширенішим традиційним типом органічного субстрату. У тепличному господарстві класифікується за глибиною залягання та ступенем розкладання на верховий, перехідний та низинний. Для промислового вирощування використовують переважно верховий сфагновий торф низького ступеня розкладання

(до 15–20%). Він має високу газоутримувальну здатність та пористість (до 90–95%), а також унікальну вологоємність (здатен утримувати об'єм води, що у 8–10 разів перевищує його власну вагу) [9].

Природний верховий торф є кислим (pH 2,5–3,5), тому для субстратів його штучно нейтралізують вапняковим або доломітовим борошном до оптимальних pH 5,5–6,5. Має високу буферну здатність, що нівелює незначні помилки під час фертигації [10].

Кокосовий субстрат – це сучасна екологічна альтернатива торфу, яку отримують у процесі переробки шкірки кокосових горіхів. За фракційним складом класифікується на кокосовий торф (дрібна фракція), кокосове волокно (довгі нитки) та кокосові чипси (крупні фракції оболонки). У теплицях найчастіше використовують їхні суміші у вигляді пресованих матів або блоків [11].

Такий субстрат відзначається винятковою дренажною здатністю та стійкістю до деградації. На відміну від торфу, кокосове волокно не злежується, не сідає протягом 3–5 років експлуатації та швидше насичується вологою після повного висихання. Показник аерації становить понад 20–30% [12].

Він має природний сприятливий рівень кислотності (pH 5,6–6,8). Проте через морське походження сировини природний кокос містить надлишок іонів натрію (Na⁺) та калію (K⁺), тому потребує обов'язкового промивання та насичення нітратом кальцію перед використанням для витіснення цих іонів із ґрунтового вбирного комплексу [13].

Мінераловатні субстрати є промисловими, штучного походження, які виготовляють шляхом плавлення базальтових гірських порід за температури понад 1500 °C з наступним формуванням волокон і пресуванням у плити (мати) або пробки для розсади. Це класичний інертний субстрат для малооб'ємної гідропоніки. Він не містить жодних поживних речовин, бур'янів чи патогенів. Має унікальну тривимірну структуру з пористістю до 95–97%, де водно-повітряний баланс повністю контролюється графіком поливу. Капілярні властивості дозволяють матриксу рівномірно розподіляти воду та кисень по всьому об'єму кореневої зони [14].

Власна кислотність базальтового волокна є лужною (pH 7,0–8,5) через наявність оксидів кальцію та магнію, проте субстрат абсолютно позбавлений буферності. Це означає, що pH і ЕС в зоні кореня миттєво стають такими, якими є параметри робочого поживного розчину, що подається через крапельницю. Вимагає найвищої точності керування живленням (комп'ютерного моніторингу) [15].

На сьогодні внутрішній ринок України повністю забезпечений високоякісною вітчизняною торф'яною продукцією завдяки роботі ТОВ «Торф Ленд Україна» (TM PEATFIELD), Rich Land та TM ECO PLUS. Виробничі матриці цих підприємств базуються на автоматизованому фракціонуванні верхового сфагнового торфу Поліської низовини, що дозволяє отримувати субстрати зі стабільними водно-фізичними та агрохімічними параметрами, які не поступаються закордонним аналогам.

Зважаючи на географічні чинники, ринок кокосових субстратів в Україні представлений двома групами:

вітчизняними підприємствами-переробниками, які адаптують та фасують імпортовану сировину для локальних потреб (зокрема ТД «Кіссон», ПП «Кардаш»), та офіційними представниками світових брендів, які забезпечують промисловий сектор малооб'ємної гідропоніки готовими вегетаційними матами (GrondMeester, CANNA).

Для отримання об'єктивних результатів у межах дослідження було відібрано три найбільш затребувані та популярні на ринку України серійні торф'яні субстрати різного цільового призначення: субстрат PEATFIELD «Для розсади» (фракція 0–5 мм, pH 5,5–6,5) як еталон дрібнодисперсного стартового середовища; субстрат Rich Land «Flora Plus» для кислоробних рослин (pH 3,5–4,5) як представник спеціалізованих кислих субстратів; та субстрат ECO PLUS «Універсальний» (фракція 0–15 мм, pH 5,5–6,5) як базове середовище середньої щільності для основного періоду вегетації тепличних культур. Такий підбір дозволяє комплексно оцінити агрохімічний та фізичний потенціал торфопродукції провідних вітчизняних брендів.

Під час оцінки фізико-хімічних та водно-фізичних властивостей субстратів від провідних виробників України було встановлено суттєву різницю в їхній внутрішній структурі та поведінці в умовах захищеного ґрунту. Субстрат PEATFIELD «Для розсади» за рахунок дрібної фракції (0–5 мм) демонструє найвищу капілярну вологоємність. Це дозволяє утримувати вологу у верхньому шарі касети, що є критично важливим для проростання насіння. Проте, дрібнодисперсна структура має нижчий рівень загальної аерації (близько 12–15%), через що тривале перезволоження може призвести до анаеробного стресу коріння (табл. 1).

Субстрат ECO PLUS «Універсальний» (фракція 0–15 мм) має збалансовану тривимірну структуру. Наявність більших волокон верхнього торфу забезпечує високу пористість аерації (20–22%) при збереженні оптимальної вологоємності. Такий технологічний параметр гарантує, що субстрат не буде злежуватися і просідати протягом усього циклу вирощування культури.

Субстрат Rich Land «Flora Plus» складається з грубших волокон верхнього сфагнуму. Він має найвищу

швидкість дренажу та відмінну повітряність, що запобігає розвитку прикореневих гнилей навіть при інтенсивних поливах. Субстрат Rich Land «Flora Plus» є вузькоспеціалізованим продуктом із високою технологічною точністю контролю кислотності (pH 3,5–4,5). Низький показник електропровідності (ЕС) свідчить про мінімальний стартовий заряд солей. Це ідеально підходить для хвойних та вересових культур, але вимагає негайного введення специфічних поживних розчинів.

Субстрат PEATFIELD «Для розсади» має стабільний, нейтралізований рівень pH (5,5–6,5). Його агрономічна цінність полягає у високому стартовому запасі макро- та мікроелементами (вміст солей ЕС 1,2–1,5 мСм/см). Це дозволяє вирощувати розсаду на перших етапах вегетації без додаткового підживлення.

Субстрат ECO PLUS «Універсальний» характеризується високою буферною здатністю завдяки змішуванню верхнього та перехідного торфів. Він здатний згладжувати коливання pH при використанні жорсткої поливної води, що робить його найстабільнішим рішенням для неавтоматизованих теплиць.

Таким чином, порівняльний аналіз показав, що вибір субстрату має суворо підпорядковуватися фазі розвитку рослини та її біологічним вимогам. Використання дрібнофракційного субстрату ТМ PEATFIELD є виправданим виключно на етапі розсади. Для тривалої експлуатації в малооб'ємній культурі тепличних комбінатів найвищу стабільність водно-фізичних параметрів демонструє ТМ ECO PLUS, тоді як субстрат Rich Land є незамінним нішевим інструментом для регулювання низького діапазону pH без ризику замулювання кореневої системи.

Субстрат PEATFIELD «Для розсади» через свою високу вологоємність, нізку дрібну структуру та багатий стартовий макро- і мікроелементний комплекс є ідеальним для початкових етапів онтогенезу рослин. Його доцільно використовувати для висіву насіння та пікірування розсади томатів, солодкого перцю, баклажанів, огірків, кабачків та всіх видів капусти. Також він добре підійде для промислового конвеєрного вирощування зелені (салатів, шпинату, руколи) у касетах та лініях точної гідропоніки (табл. 2).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика торф'яних субстратів

Технологічні та агрономічні параметри	PEATFIELD «Для розсади»	ECO PLUS «Універсальний»	Rich Land «Flora Plus»
Основна фракція, мм	0 – 5 дрібна	0 – 15 середня	5 – 20 середньо-груба
Тип вихідного торфу	верховий сфагновий	верховий + перехідний	верховий
Активна кислотність pH	5,5 – 6,5 нейтралізований	5,5 – 6,5 нейтралізований	3,5 – 4,5 кислий
Електропровідність ЕС, мСм/см	1,2 – 1,5 висока	0,8 – 1,1 середня	менше 0,5 низька
Рівень стартового живлення за запасом поживних речовин NPK	запас 3 – 4 тижні, повний рівень	запас 2–3 тижні, помірний базовий рівень	запас 1–2 тижні, мінімальний специфічний рівень
Пористість аерації, %	12 – 15% низька	20 – 22% оптимальна	25 – 28% висока
Здатність до злежування	висока	низька	відсутня
Головне призначення	проростання насіння, касети	контейнери, основна вегетація	кислоробні культури

Таблиця 2

Рекомендовані рослини для досліджуваних торфових субстратів

Назва субстрату	Овочева група	Квіткова група	Садово-паркова група
PEATFIELD «Для розсади»	томати, перці (розсада), салати, рукола	петунія, сурфінія, віола, чорнобривці	сіянци декоративних кущів, живці
ECO PLUS «Універсальний»	томати, огірки (дорослі рослини), полуниця	хризантема, бегонія, цикламен, гербера	листяні дерева, кущі у контейнерах, кашпо
Rich Land «Flora Plus»	лохина високоросла, журавлина, брусниця	азалія, рододендрон, синя гортензія	туя, ялівець, ялина, верес

Серед квіткових культур цей субстрат підходить для розмноження насінням та вкорінення живців однорічних квіткових культур (петунія, сурфінія, пеларгонія, чорнобривці, віола). Дрібна фракція забезпечує максимальний контакт насіння із субстратом. Серед садово-паркових культур субстрат доцільно використовувати на етапі вирощування сіянців та живців декоративних кущів (самшит, спірея, бирючина) у розсадниках перед їх перевалкою у великі контейнери.

Субстрат ECO PLUS «Універсальний» завдяки поєднанню верхового та перехідного торфів має високу повітряність та стійкість до злежування, що робить його оптимальним для тривалої вегетації дорослих рослин із потужною кореневою системою. Його доцільно використовувати для основного етапу вирощування малооб'ємним методом у мішках та контейнерах томатів, перцю, довгоплідних огірків. Також він використовується для наповнення вегетаційних посудин під час вирощування ранньої редиски та ранньої полуниці в захищеному ґрунті.

Серед квіткових рослин призначений для вирощування промислових горщикових культур: цикламен, каланхое, бегонія, гербера, кімнатні хризантеми. Стабільна структура тримає форму горщика і не замулює коріння за регулярного крапельного поливу. Також цей субстрат є оптимальним для посадки та вирощування декоративних листяних дерев та кущів у контейнерах об'ємом 2–5 літрів, а також для формування закритих квіткових клумб та контейнерного озеленення паркових зон міст, зокрема для висадки канн, фуксій, пеларгоній.

Субстрат Rich Land «Flora Plus» для кислотолюбних рослин розроблений виключно для культур, які фізіологічно не здатні засвоювати елементи живлення за нейтрального чи лужного рН. У сучасному закритому та напівзакритому ґрунті (тунелях) цей субстрат є незамінним для промислового вирощування лохини високорослої, журавлини та брусниці.

Серед квіткових та садово-паркових рослин він є придатним для вирощування кімнатних та садових азалій, рододендронів, а також крупнолистових гортензій (*Hydrangea macrophylla*). Низький рН є критичним для гортензій, оскільки саме в кислому середовищі вони здатні засвоювати алюміній, що забарвлює їхні суцвіття у насичений синій та блакитний кольори. Також цей субстрат є основним компонентом під час посадки та вирощування всього спектра хвойних рослин (туї, ялівці, ялини, ялиці, кипарисовики). Використовується для створення топіарних форм та ландшафтних композицій у стилі «вересових садів».

Висновки. У результаті проведеної комплексної порівняльної оцінки фізико-хімічних, агрохімічних та водно-фізичних параметрів сучасних ґрунтових субстратів для тепличного господарства, встановлено, що вибір торфової суміші повинен суворо підпорядковуватися фазі онтогенезу та біологічним вимогам культури. Дрібнофракційний субстрат TM PEATFIELD «Для розсади» (0–5 мм) за рахунок високої капілярної вологості та потужного стартового насичення солями ЕС 1,2–1,5 мСм/см є оптимальним середовищем для початкових етапів вирощування овочевих і квіткових культур. Натомість для тривалої вегетації дорослих рослин у контейнерах найвищу стабільність структури та пористості аерації (20–22%) демонструє субстрат середньої фракції TM ECO PLUS «Універсальний». Для нішевого сегмента кислих агроценозів (лохина, хвойні, азалії) незамінним технологічним стандартом визначено субстрат Rich Land «Flora Plus» (рН 3,5–4,5).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Морозова Л.П. Контроль концентрації мікроелемента феруму в субстраті при вирощуванні томатів в умовах захищеного ґрунту. *Збалансоване природокористування*. 2025. № 1. С. 108–117. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2025.324365>
- Дубовий В.І., Адамович І.В., Дубовий О.В. Еколого-економічні особливості субстратів для вирощування рослин в умовах закритого ґрунту. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*. 2021. № 2. С. 208–216. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-208-216>
- Морозова Л.П. Контроль концентрації макроелемента фосфору в субстраті при вирощуванні томатів в умовах захищеного ґрунту. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 2. С. 114–122. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2023.282753>
- Севідов В.П., Севідов І.В. Вплив типу субстрату на розвиток та продуктивність рослин помідору. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 62–66. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.10>
- Дідур І.М., Аралова Т.С. Обґрунтування технології вирощування томата за різних методів отримання розсади. *Сільське господарство та лісівництво*. 2026. № 1 (40). С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2026-1-1>
- Ткачук О.П., Левчук О.В., Крижанівський В.В. Виробництво біогумусу каліфорнійськими черв'яками залежно від умов їх утримання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 192–202. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-4-16>
- Офіційний сайт TM PEATFIELD (ТОВ «Торф Ленд Україна»). Професійні торф'яні субстрати: технічні

- специфікації серії «Для розсади». URL: <https://peatfield.ua/> (дата звернення: 18.06.2026).
8. Торф'яні субстрати ТМ ECO PLUS: інформаційне маркування, фізико-хімічні параметри та буферність універсальних сумішей. АгроВінн: офіційний каталог постачальника. URL: <https://agrovinn.com> (дата звернення: 19.06.2026).
 9. Спеціалізовані кислі середовища ТМ Rich Land «Flora Plus» для кислотнолюбних культур: паспорт якості та рекомендації виробника. URL: <https://richland.net.ua> (дата звернення: 19.06.2026).
 10. Жук М.Й. Сучасні технології і особливості облаштування плоских озелених покривів. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2014. Вип. 2. С. 180–185.
 11. Жокін І., Скляр О. Г. Компост як компонент ґрунтового субстрату. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених. Запоріжжя, 05–29 лютого 2024 р.: ТДАТУ, 2024. С. 192.
 12. Олійник О.О. Особливості добору субстратів для адаптації рослин-регенерантів троянди ефіроолійної до умов *in vivo*. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 143–146. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.28>
 13. Volchenko N., Zakharchenko E., Ponomarenko, M. Can improving soil health enhance agricultural sustainability and resilience to climate change? *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28(2). P. 120–125. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.18>
 14. Великанов, О., Бахлуков, Д., Шейко, Т., Станіславів, С. (2025). Встановлення можливостей використання відпрацьованого субстрату після вирощування *lentinula edodes*. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*. 2025. № 2 (16). P. 37–41. DOI: [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(16\).2025.6](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(16).2025.6)
 15. Паливода Ю.М., Гавій В.М. Фізіолого-біохімічні особливості формування адаптивної відповіді рослин в умовах водного дефіциту. *Наукові записки. Біологічні науки*. 2023. Вип. 1. С. 52–58. DOI: <https://doi.org/10.31654/2786-8478-2023-BN-1-52-58>
- REFERENCES:**
1. Morozova, L. P. (2025). Kontrol kontsentratsii mikroelementa ferumu v substrati pry vyroshchuvanni tomativ v umovakh zakhyshchenoho ґruntu [Control of iron trace element concentration in substrate when growing tomatoes under protected ground conditions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*, (1), 108–117. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2025.324365> [in Ukrainian].
 2. Dubovyi, V. I., Adamovych, I. V., & Dubovyi, O. V. (2021). Ekoloho-ekonomichni osoblyvosti substrativ dlia vyroshchuvannya roslyn v umovakh zakrytoho ґruntu [Ecological and economic features of substrates for growing plants under closed ground conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats «Ahrobiolohiia»*, (2), 208–216. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-208-216> [in Ukrainian].
 3. Morozova, L. P. (2023). Kontrol kontsentratsii makroelementa fosforu v substrati pry vyroshchuvanni tomativ v umovakh zakhyshchenoho ґruntu [Control of phosphorus macroelement concentration in substrate when growing tomatoes under protected ground conditions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*, (2), 114–122. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2023.282753> [in Ukrainian].
 4. Sevidov, V. P., & Sevidov, I. V. (2024). Vplyv typu substratu na rozvytok ta produktyvnist roslyn pomidoru [Influence of substrate type on the development and productivity of tomato plants]. *Ahrarni innovatsii*, (25), 62–66. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.10> [in Ukrainian].
 5. Didur, I. M., & Aralova, T. S. (2026). Obhruntuvannya tekhnolohii vyroshchuvannya tomata za riznykh metodiv otrymannia rossady [Substitution of the technology of tomato growing using various methods of obtaining seedlings]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, (1), 5–13. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2026-1-1> [in Ukrainian].
 6. Tkachuk, O. P., Levchuk, O. V., & Kryzhanivskyi, V. V. (2021). Vyrobnytstvo biohumusu kaliforniiskymy cherviakamy zalezno vid umov yikh utrymannia [Production of biohumus by California worms depending on the conditions of their detention]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, (4), 192–202. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-4-16> [in Ukrainian].
 7. Torf Lend Ukraina. (2026). *Profesiini torfiani substraty: tekhnichni spetsyfikatsii serii “Dlia rozsady”* [Professional peat substrates: technical specifications of the "For seedlings" series]. PeatField. <https://peatfield.ua/> [in Ukrainian].
 8. *Torfiani substraty ТМ ECO PLUS: informatsiine markuvannya, fizyko-khimichni parametry ta bufernist universalnykh sumishei* [Peat substrates of ТМ ECO PLUS: informational labeling, physicochemical parameters and buffering of universal mixtures]. AgroVinn. URL: <https://agrovinn.com> [in Ukrainian].
 9. *Spetsializovani kysli seredovyscha ТМ Rich Land “Flora Plus” dlia kysloliubnykh kultur: pasport yakosti ta rekomendatsii vyrobnyka* [Specialized acid environments of ТМ Rich Land “Flora Plus” for acid-loving crops: quality passport and manufacturer's recommendations]. Rich Land. URL: <http://richland.net.ua> [in Ukrainian].
 10. Zhuk, M. Yo. (2014). Suchasni tekhnolohii i osoblyvosti oblashtuvannya ploskykh ozelenenykh pokryvel [Modern technologies and features of arrangement of flat green roofs]. *Arkhitekturnyi visnyk KNUBA*, (2), 180–185. [in Ukrainian].
 11. Zhokin, I., & Skliar, O. H. (2024). Kompост yak komponent hruntovoho substratu [Compost as a component of the soil substrate]. In *Tekhnichne zabezpechennia innovatsiinykh tekhnolohii v ahropromyslovomu kompleksі: materialy IV Mizhnar. nauk.-prakt. konferentsii molodykh uchenykh* [Technical support of innovative technologies in the agro-industrial complex: materials of the IV International scientific and practical conference of young scientists] (p. 192). TDAU. [in Ukrainian].
 12. Oliinyk, O. O. (2018). Osoblyvosti doboru substrativ dlia adaptatsii roslyn-rehenerantiv troiandy efirooliinoi do umov *in vivo* [Features of selection of substrates for adaptation of essential oil rose plant regenerants to *in vivo* conditions]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, (1), 143–146. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.28> [in Ukrainian].
 13. Volchenko, N., Zakharchenko, E., & Ponomarenko, M. (2025). Can improving soil health enhance agricultural

- sustainability and resilience to climate change? *Scientific Progress & Innovations*, 28(2), 120–125. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.18> [in Ukrainian].
14. Velikanov, O., Bakhukov, D., Sheiko, T., & Stanislaviv, S. (2025). Vstanovlennia mozhlyvostei vykorystannia vidpratsiovanoho substratu pislia vyroshchuvannia *Lentinula edodes* [Establishing the possibilities of using the spent substrate after growing *Lentinula edodes*]. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, (2), 37–41. [https://doi.org/10.32782/2708-4949.2\(16\).2025.6](https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(16).2025.6) [in Ukrainian].
15. Palyvoda, Yu. M., & Havii, V. M. (2023). Fiziolo-hiobiohimichni osoblyvosti formuvannia adaptivnoi vidpovidy roslin v umovakh vodnoho defytsitu [Physiological and biochemical features of the formation of adaptive response of plants under water deficit conditions]. *Naukovi zapysky. Biolohichni nauky*, (1), 52–58. <https://doi.org/10.31654/2786-8478-2023-BN-1-52-58> [in Ukrainian].

Ткачук О.П., Мазур О.В. Оцінка параметрів торфових субстратів для тепличного господарства

Мета. Метою дослідження є проведення комплексної теоретико-аналітичної та порівняльної оцінки фізико-хімічних, агрохімічних і водно-фізичних параметрів основних промислових типів торфових субстратів українського виробництва на основі опрацювання їхніх офіційних специфікацій та маркувань для оптимізації вибору вегетаційних середовищ у сучасному тепличному господарстві, а також визначення їхньої відповідності біологічним вимогам різних груп овочевих, квіткових та садово-паркових культур.

Методи. Методологія наукової роботи базується на системно-структурному аналізі, компаративному зіставленні, узагальненні та теоретико-агрономічному опрацюванні офіційних технічних паспортів, сертифікатів якості та інформаційного маркування на упаковках торф'яних субстратів провідних вітчизняних брендів. Дослідження охоплювало аналітичний скринінг задекларованих показників активної кислотності (pH), питомої електропровідності (EC), фракційного складу та рівня стартового мінерального живлення (NPK) трьох найбільш популярних на ринку України зразків торфопродукції: TM PEATFIELD «Для розсади», TM ECO PLUS «Універсальний» та Rich Land «Flora Plus».

Результати. На основі системного аналізу маркувань виробників встановлено суттєву технологічну диференціацію субстратів. Доведено, що дрібнофракційний субстрат TM PEATFIELD (0–5 мм) має найвищу капілярну вологоємність та максимальний рівень стартового живлення (EC 1,2–1,5 мСм/см), що робить його незамінним для касетного вирощування розсади томатів, перцю та промислової зелені. Зразок TM ECO PLUS «Універсальний» (фракція 0–15 мм) характеризується оптимальною пористістю аерації (20–22%) та високою буферністю завдяки поєднанню верхового і перехідного торфів, що рекомендується для тривалої вегетації горщиківих квітів та малооб'ємного вирощування овочів. Субстрат Rich Land «Flora Plus» відзначається стабільно низьким задекларованим рівнем pH (3,5–4,5) та грубою структурою, що є критично важливим для

кореневої системи кислотолюбних ягідних і хвойних садово-паркових культур.

Висновки. Опрацювання офіційних даних виробників дозволяє здійснювати точне прогнозування поведінки кореневого середовища на етапі планування тепличного виробництва. Вибір конкретного типу торфового субстрату має суворо підпорядковуватися фазі онтогенезу та специфіці мінерального живлення рослин.

Ключові слова: тепличне господарство, торф'яний субстрат, верховий торф, кислотність, електропровідність, фракційний склад.

Ткачук О.П., Мазур О.В. Assessment of parameters of peat substrates for greenhouse farming

Purpose. The purpose of the study is to conduct a comprehensive theoretical, analytical and comparative assessment of the physicochemical, agrochemical and water-physical parameters of the main industrial types of peat substrates of Ukrainian production based on the development of their official specifications and labeling to optimize the choice of growing media in modern greenhouse farming, as well as determine their compliance with the biological requirements of various groups of vegetable, flower and garden crops.

Methods. The methodology of the scientific work is based on a system-structural analysis, comparative comparison, generalization and theoretical-agronomic processing of official technical passports, quality certificates and information marking on packages of peat substrates of leading domestic brands. The study covered analytical screening of declared indicators of active acidity (pH), specific electrical conductivity (EC), fractional composition and level of starting mineral nutrition (NPK) of the three most popular samples of peat products on the Ukrainian market: TM PEATFIELD “For seedlings”, TM ECO PLUS “Universal” and Rich Land “Flora Plus”.

Results. Based on a systematic analysis of manufacturers' labels, a significant technological differentiation of substrates was established. It was proven that the fine-fraction substrate TM PEATFIELD (0–5 mm) has the highest capillary moisture capacity and the maximum level of starting nutrition (EC 1.2–1.5 mS/cm), which makes it indispensable for cassette cultivation of tomato, pepper and industrial greens seedlings. The sample TM ECO PLUS “Universal” (fraction 0–15 mm) is characterized by optimal aeration porosity (20–22%) and high buffering capacity due to the combination of top and transitional peat, which is recommended for long-term vegetation of potted flowers and small-scale cultivation of vegetables. Rich Land “Flora Plus” substrate is characterized by a consistently low declared pH level (3.5–4.5) and a coarse structure, which is critically important for the root system of acid-loving berry and coniferous garden crops.

Conclusions. Processing of official data from producers allows for accurate prediction of root environment behavior at the stage of greenhouse production planning. The choice of a specific type of peat substrate should strictly be subject to the phase of ontogenesis and the specificity of plant mineral nutrition.

Key words: greenhouse farming, peat substrate, top peat, acidity, electrical conductivity, fractional composition.

Дата першого надходження статті до видання: 29.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

THE MAIN PEST OF PEAS – THE PEAS GRAIN EEDER (*BRUCHUS PISORUM* L.)

TRANDAFIR I.V. – postgraduate

orcid.org/0009-0004-9457-3527

Odessa State Agrarian University

KRYVENKO A.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor

orcid.org/0000-0002-2133-3010

Odessa State Agrarian University

BALAN G.O. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

orcid.org/0000-0002-0485-843X

Odessa State Agrarian University

ZORUNKO V.I. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

orcid.org/0000-0001-9512-0985

Odessa State Agrarian University

DZHAM M.A. – Candidate of Agricultural Sciences

orcid.org/0000-0001-8183-5488

Odessa State Agrarian University

Problem statement. The garden or field pea is cultivated worldwide in temperate climates, but *Pisum sativum* L. is naturally found in Europe, north-west Asia and extending south to temperate east Africa, while *P. fulvum* Sibth. and Sm. is restricted to the Middle East. The pea has been cultivated for millennia, possibly because of the low levels of toxins in the seed and the relatively high protein content of 25%. Peas remain today one of the most important temperate pulse, fodder and vegetable crops. Garden peas (*P. sativum* var. *sativum*) are produced primarily for human consumption, field peas (*P. sativum* var. *arvense* (L.) Poiret) for livestock and traditionally as green manure. The pods are also eaten immature as a vegetable (e.g. mangetout, sugar snap peas or snow peas). In a number of developed countries, a significant proportion of the crop is now harvested in an immature state and frozen to make a convenience food.

Pea (*Pisum sativum* L.) is one of the most important leguminous crops in world and domestic agriculture. It has significant food, feed and agrotechnical importance, as it is an important source of vegetable protein and a valuable precursor in crop rotations due to its ability to biologically fix atmospheric nitrogen. In Ukraine, pea culture is widely grown in various soil and climatic zones, in particular in the Steppe and Forest-Steppe, where favorable conditions are created for the formation of high yields.

However, obtaining a consistently high productivity of peas is largely limited by the harmful effects of a complex of phytophagous pests. Among them, the pea grain borer (*Bruchus pisorum* L.) is particularly dangerous – a specialized pest that damages the seeds of the crop both in the field and during storage. The larvae of this species develop inside the grain, eating away a significant part of the endosperm, which leads to a significant reduction in seed weight, deterioration of its sowing and nutritional qualities, as well as a decrease in germination.

An additional difficulty in combating the pest is its hidden lifestyle. The main part of development takes place inside the grain, which significantly complicates the use of insecticides and reduces the effectiveness of traditional methods of plant protection. In this regard, the improvement of the system of integrated protection of pea crops, which combines agrotechnical, organizational, biological and chemical measures to control the number of pests, is of particular relevance.

Analysis of recent research and publications.

According to many studies, damage to peas by the grain borer can lead to a loss of 30–35% of the seed mass, and the infection rate of grain batches in some years reaches 80–98%. This problem is especially acute in the southern regions of Ukraine, in particular in the Odessa region, where climatic conditions contribute to the active development of the pest and the formation of its high numbers [1].

An additional difficulty in combating the pest is its hidden lifestyle. The main part of development takes place inside the grain, which significantly complicates the use of insecticides and reduces the effectiveness of traditional methods of plant protection. In this regard, the improvement of the system of integrated protection of pea crops, which combines agrotechnical, organizational, biological and chemical measures to control the number of pests, is of particular relevance [2].

Diversity in pea plant germplasm is crucial in breeding programmes to select highly yielding varieties resistant to Bruchid damage. At the Institute of Forage Crops in Pleven, Bulgaria, nine field pea accessions underwent evaluation for resistance to the pea weevil *Bruchus pisorum* L. The study identified a relationship between the damage inflicted by the weevils and certain phenological and morphological characteristics. Earlier flowering and formatting pod accessions had a lower sum of the effective temperatures and were characterised by low weevil density. Accessions with



a low percentage of damaged seeds with Bruchid emergence holes were distinguished by high seed weight and higher-damaged ones with parasitoid emergence holes. The large seeds had low weight loss from weevil larvae, too. Parasitoid *Triaspis thoracica* reduced weevil larvae when the larvae in damaged seeds were in early instars and can be a successful biological agent of *B. pisorum* in earlier and shorter flowering and pod formation cultivars. Also, a mechanical barrier, such as the thickness of the pod wall, can limit larvae penetration in the pod and reduce weevil damage. Line 5/04-8 and L 5/01-3 were classified as resistant to *B. pisorum* and could be used in future breeding programmes such as resistant sources [3].

Bruchus pisorum (L.) is one of the most intractable pest problems of cultivated pea in Europe. Development of resistant cultivars is very important to environmental protection and would solve this problem to a great extent. Therefore, the resistance of five spring pea cultivars was studied to *B. pisorum*: Glyans, Modus; Kamerton and Svit and Pleven 4 based on the weevil damage and chemical composition of seeds. The seeds were classified as three types: healthy seeds (type one), damaged seeds with parasitoid emergence holes (type two) and damaged seeds with bruchid emergence holes (type three). From visibly damaged pea seeds by pea weevil *B. pisorum* was isolated the parasitoid *Triaspis thoracica* Curtis (Hymenoptera, Braconidae). Modus, followed by Glyans was outlined as resistant cultivars against the pea weevil. They had the lowest total damaged seed degree, loss in weight of damaged seeds (type two and type three) and values of susceptibility coefficients. A strong negative relationship ($r = -0.838$) between the weight of type one seeds and the proportion of type three seeds was found. Cultivars with lower protein and phosphorus (P) content had a lower level of damage. The crude protein, crude fiber and P content in damaged seeds significantly or no significantly were increased as compared with the healthy seeds due to weevil damage. The P content had the highest significant influence on pea weevil infestation. Use of chemical markers for resistance to the creation of new pea cultivars can be effective method for defense and control against *B. pisorum* [4].

The pea weevil, *Bruchus pisorum* L. is a major insect pest of field pea, *Pisum sativum* L. worldwide and current control practices mainly depend on the use of chemical insecticides that can cause adverse effects on environment and human health. Insecticides are also unaffordable by many small-scale farmers in developing countries, which highlights the need for investigating plant resistance traits and to develop alternative pest management strategies. The aim of this study was to determine oviposition preference of pea weevil among *P. sativum* genotypes with different level of resistance (Adet, 32410-1 and 235899-1) and the non-host leguminous plants wild pea (*Pisum fulvum* Sibth. et Sm.) and grass pea (*Lathyrus sativus* L.), in no-choice and dual-choice tests. Pod thickness and micromorphological traits of the pods were also examined [5].

Pea weevil (*Bruchus pisorum*) is a damaging insect pest affecting pea production worldwide. The aim of this study was to identify sources of resistance to pea weevil in a *Pisum* spp. germplasm in multi-environment field

tests. Seed infestation and larval development were assessed in each environment and subjected to a heritability-adjusted genotype and genotype x environment biplot analysis. Results showed that seed infestation and larval development are independent traits. Accessions P669 (*P. sativum* ssp. *elatius*) and P656 (*P. fulvum*) showed a stable reduction in seed infestation across environments. Meanwhile, accessions P314 (*P. sativum* ssp. *elatius*) and P1 (*P. abyssinicum*) showed a stable reduction in larval development. The most promising accession was P665 (*P. sativum* ssp. *syriacum*) which showed resistance at both pod and seed levels. This study demonstrates the importance of environmental conditions for pea weevil infestation. Moreover, by submitting data to a CCA, the influence of climatic parameters over seed infestation and larval development has been elucidated [6].

Studies by domestic and foreign authors indicate that damage to pea seeds by the grain eater can reach 70–90% under favorable weather conditions for the pest. Crop losses can range from 10 to 40%, depending on the degree of crop infection [7–9].

A study was conducted to determine the response of five pea varieties (*Pisum sativum* L.) to damage degree of *Bruchus pisorum*: Glyans, Modus, Kamerton, and Svit (Ukrainian cultivars) and Pleven 4 (Bulgarian cultivar). The seeds were classified into three types: healthy seeds (type 1), damaged seeds with parasitoid emergence hole (type 2), and damaged seeds with bruchid emergence hole (type 3) and they were sown. It was found that the weight of 1000 seeds did not affect the field germination of the pea varieties. Healthy and damaged seeds with parasitoid emergence holes (first and second seed types) provide a very good opportunity for growth and development while plants from damaged seeds with bruchid emergence holes had poor germination and vigor and low productivity. These seeds cannot provide the creation of well-garnished seeding and stable crop yields. Among tested varieties, the Ukrainian variety Glyans had considerably higher seed weight, field germination, and index germination and weak egg-laying activity of *B. pisorum* compared to others. Use of spring pea cultivars that are weakly preferred by the pea weevil in breeding programs would reduce losses due to pea weevil and provide an environmentally safer option to its control [10].

Recent studies also indicate that the distribution and harmfulness of the pea weevil are largely dependent on climate change. Rising average annual temperatures are contributing to the expansion of the species' range and increasing its numbers, especially in the northern regions of Europe [11, 12].

Modern approaches to pest control involve the use of an integrated plant protection system. It includes: crop rotation, the use of resistant varieties, optimization of sowing and harvesting times, as well as the use of insecticides during the mass flight of beetles. Considerable attention is also paid to biological control methods, in particular the use of parasitic hymenoptera, which are able to reduce the number of pests.

Thus, the analysis of literary sources shows that the pea grain borer remains one of the most dangerous pests of pea crops. Despite a significant amount of research,

the issue of improving effective and environmentally safe control measures for this species, especially in conditions of climate change, requires further study.

The aim of the research was to study the biological features of the development of the pea weevil (*Bruchus pisorum* L.) in pea crops in the conditions of the Steppe of Ukraine, to establish the dynamics of the pest's population during the growing season, and to assess its impact on the mass and sowing quality of seeds of different crop varieties.

Therefore, studying the biological characteristics of the pea grain borer, the patterns of its development and distribution, as well as improving effective control measures in the conditions of modern agroclimatic changes is an important scientific and practical task.

To achieve the goal, it was planned to solve the following tasks: to establish the features of the seasonal dynamics of the number of pea grain borer in pea crops; to determine the impact of seed damage by the pest on the weight of 1000 grains; to assess the impact of seed damage on its germination; to establish the effectiveness of post-harvest fumigation of grain during storage to preserve seed quality.

Materials and methods. The research was conducted in 2023–2025 in the pea production crops of the VIP-AGRO LLC farm in the Odessa region, which is located in the Southern Steppe zone of Ukraine. The soil and climatic conditions of the region are characterized by a warm climate, moderate rainfall and a long growing season, which creates favorable conditions for the development of the pea weevil. The following pea varieties were used in the research: Svit, Belyy Angel, Darunok Stepu, Kruiz and Prystan.

Monitoring of the pest population in crops was carried out during the growing season of the crop in the budding and flowering phases. Beetles were counted using the entomological net method, performing 100 sweeps along the diagonal of the field. The results obtained were converted into the number of individuals per 100 sweeps of the net.

Grain mass determination was carried out by laboratory method by weighing 1000 seeds. For this purpose, undamaged and damaged seeds were selected separately. Grain mass losses were determined in percentages according to generally accepted methods.

Seed germination was determined by the laboratory germination method, in accordance with generally accepted methods for determining the germination of agricultural seed. Seed germination was determined in percentage as the ratio of the number of germinated seeds to the total number of seeds sown.

To assess the effectiveness of post-harvest treatment during storage, part of the grain was left untreated, while the other part was fumigated with the drug Fumifos before storage, which contains aluminum phosphide and is used to combat pests of stocks.

Fumigation was carried out in accordance with the regulations for the use of the drug at a grain mass temperature of not lower than 15 °C and grain moisture up to 15.5%. The treatment ensured the destruction of various stages of pest development – beetles, larvae and pupae.

The obtained experimental data were processed using statistical analysis methods, determining the average values of indicators by years of research [13, 14].

Results of the research. The research was conducted in the production crops of peas of the VIP-AGRO LLC farm in the Odessa district, Odessa region, with the aim of determining the impact of seed damage by the pea grain borer (*Bruchus pisorum* L.) on grain mass indicators, its germination, quality indicators, and establishing the features of the development and dynamics of the number of this pest in the conditions of the Ukrainian Steppe.

The results confirmed that the pea grain borer is one of the most widespread and dangerous specialized pests of peas in the southern region of Ukraine. Its development is closely related to the biology of the crop and weather conditions of the growing season.

During field observations and analysis of literature data, it was established that the adult pea grain borer is a small beetle 4–5 mm long. The body is broadly oval, somewhat flattened, black with rusty-gray pubescence. Whitish stripes are clearly visible on the elytra, which form characteristic oblique bands. At the end of the abdomen there is a characteristic pattern in the form of a white cross. The elytra are shortened and do not cover the last two segments of the abdomen. The eyes are large, convex. The antennae are eleven-segmented, thickening towards the apex. The first three segments of the antennae, as well as the front legs and shins, have a reddish color. The thighs of the hind legs on the inner side have a well-pronounced pointed tooth.

The eggs are amber-yellow, elongated, about 0.6 mm long, with two threadlike appendages. The first-instar larva is reddish, covered with hairs, and has three pairs of well-developed legs. After the first molt, it loses its limbs and acquires the typical legless worm-like shape of graminivores. The adult larva is light yellow, C-shaped, 5–6 mm long, with a small light brown head retracted into the thoracic region. During development, it molts up to five times and after feeding it turns into a pupa.

Studies have shown that the pea grain borer is a typical oligophagous pest that damages mainly cultivated peas (*Pisum sativum* L.) and field peas (*Pisum arvense*). The development of the pest is closely related to the formation of beans and grains of the crop.

Adult beetles overwinter mainly inside pea grains in storage or in carrion in the field. Part of the population may overwinter under tree bark, in plant debris or in soil shelters. In spring, when the air temperature rises to 20–28 °C, a mass exodus of beetles from the grain occurs.

In the field conditions of the Odessa region, the appearance of beetles was noted in May. At first, they concentrated on well-warmed areas – on weeds, in gardens, on the edges of forest belts. After that, the pest could fly to pea crops at a distance of up to 3 km. The period of active settlement of crops coincided with the phase of budding and the beginning of flowering of the crop. At this time, the beetles fed on pollen and petals of pea flowers. The greatest activity was observed in sunny weather at temperatures above 21 °C.

Females laid eggs on the surface of young beans. The fecundity of one female ranged from 70 to 222 eggs. Embryonic development lasted 6–10 days, after which the larvae penetrated into the middle of the grain, where the full cycle of its development took place. Within one grain, only one larva developed, which ate a significant

part of the endosperm. After completing feeding, the larva formed a pupation chamber. Larval development lasted 28–36 days, pupae – 14–20 days. The optimal temperature for development was 26–28°C, and at temperatures below 10–12°C, development stopped.

In the steppe zone of Ukraine, the pest formed one generation per year.

Monitoring of crops showed that the number of beetles in pea crops gradually increased throughout the growing season (Table 1).

Table 1

Dynamics of the number of pea grain borer in pea crops of VIP-AGRO LLC, Odesa region, average 2023–2025

Pea development phase	Number of beetles, specimens/100 net sweeps
Beginning of budding	18.3
Mass budding	23.4
Beginning of flowering	34.8
Mass flowering	48.2

The data in Table 1 characterize the dynamics of the number of pea grain borer in pea crops during the main phenological phases of crop development. The census was carried out using the entomological net method, the results are given per 100 sweeps, which is a standard method for assessing the number of phytophagous insects in field conditions. The indicators are given as average values for three years of research (2023–2025), which allows a more objective assessment of the features of the development of the pest population.

Analysis of the results obtained indicates a gradual increase in the number of beetles during the growing season of peas. At the initial stage of crop development, in the phase of the beginning of budding, the number of pea grain borer was on average 18.3 individuals/100 sweeps of the net. During this period, the mass flight of beetles after wintering and the beginning of their settlement of crops occurs.

In the phase of mass budding, the pest population increased to 23.4 individuals/100 strokes, which is explained by the active flight of beetles from wintering places to pea crops and their concentration on plants. It was during this period that the main part of the population participating in reproduction was formed.

The most intensive increase in the pest population was observed in the phase of the beginning of flowering, when

the indicator was 34.8 individuals/100 sweeps of the net. At this time, the beetles actively feed on pollen and flower petals, which creates favorable conditions for their development and increased reproductive activity.

The maximum number of pea grain borer was noted in the phase of mass flowering of peas, when it reached 48.2 individuals/100 net sweeps. During this period, mass egg laying is observed on young beans, which determines the further formation of a new generation of the pest. It is this stage of crop development that is the most critical for the grain borer's harmfulness, since the larvae, after rebirth, penetrate the grain and begin to feed on the endosperm.

The results also indicate that already in the phase of budding, the number of beetles approaches the economic threshold of harmfulness, which is approximately 150–200 specimens per 100 sweeps of the net (15–20 beetles per 10 sweeps). Subsequently, the number of the pest significantly exceeds this indicator, which confirms the need for protective measures during the budding period – the beginning of pea flowering.

Thus, the results of the research showed that in the conditions of the Odesa region, the development of the pea grain borer population is characterized by pronounced seasonal dynamics, with a gradual increase in numbers from the beginning of budding to mass flowering of the crop. This confirms the need for systematic monitoring of pea crops and timely application of integrated plant protection measures to prevent significant crop losses.

The conducted studies showed that the pea grain borer is one of the key factors in reducing the quality and mass of pea seeds in the conditions of the Odesa region. The maximum number of the pest was observed in the flowering phase of the crop, when favorable conditions are created for egg laying and larval development.

Seed damage resulted in a loss of 3.7–11.5% of the 1000-grain weight, depending on the variety. The greatest losses were characteristic of the Prystan variety, while the Darunok Stepu variety was relatively more resistant to damage.

One of the indicators of the pest's harmfulness is the reduction in seed weight due to the larvae eating the endosperm.

During the research, the effect of damage to pea seeds by the pea grain borer (*Bruchus pisorum* L.) on the weight of grains of different crop varieties was studied. The research was conducted on the crops of the VIP-AGRO LLC farm in the Odesa region, where the weight of 1000 undamaged

Table 2

The impact of damage by the pea grain borer on the weight of 1000 grains of different pea varieties, VIP-AGRO LLC, Odesa region, average for 2023–2025

Variety name	Weight of 1000 grains, g		Difference in weight	Mass loss, %
	undamaged	damaged		
World	198.1	180.4	17.7	8.9
White Angel	202.2	191.1	11.1	5.5
Gift of the Steppe	190.6	183.6	7.0	3.7
Cruise	201.6	186.3	15.3	7.6
Pier	206.8	183.1	23.7	11.5
LSD ₀₅			5.7	-

and damaged grains was determined, as well as the difference between these indicators (Table 2).

It is known that the larvae of the pea grain borer develop inside the seed, feeding on the endosperm, which leads to the formation of cavities in the grain and a significant reduction in its mass. The degree of damage depends on the variety, growing conditions and the number of the pest during the period of bean formation.

Analysis of the 1000-grain weight indicators showed that damage to peas by grain borers leads to a noticeable decrease in seed weight in all studied varieties. The largest weight of 1000 undamaged grains was noted in the Prystan variety – 206.8 g, while the smallest – in the Darunok Stepu variety (190.6 g).

After damage by the pest, a decrease in grain weight was observed. The greatest weight loss was observed in the Prystan variety, where the difference between undamaged and damaged grains was 23.7 g, indicating a significant level of damage. Significant weight losses were also recorded in the Svit variety – 17.7 g, and the Kruiz variety – 1–5.3 g.

The smallest difference in mass between undamaged and damaged grains was found in the Darunok Stepu variety – only 7.0 g, which may indicate a relatively higher resistance of this variety to damage by the grain eater or a less intensive development of the pest in its seeds.

The results obtained indicate that damage to pea seeds by the pea grain borer significantly affects grain weight. On average, the weight loss of 1000 grains in the studied varieties was 7.4%.

The greatest weight losses were characteristic of the Prystan variety (11.5%), which may indicate a greater attractiveness or susceptibility of this variety to damage by the pest. The Svit and Kruiz varieties were also characterized by significant losses – 8.9% and 7.6%, respectively.

The lowest level of losses was found in the Darunok Stepu variety (3.7%), which may indicate certain morphological or biochemical features of the grain that reduce the feeding intensity of the pest larvae.

Thus, the results of the research confirm the significant impact of the pea grain borer (*Bruchus pisorum* L.) on the qualitative and quantitative indicators of the pea harvest. It was established that seed damage leads to a decrease in grain mass, which negatively affects the marketable and sowing qualities of the product. The data obtained indicate the need to improve the system of pea crop protection and introduce more resistant varieties into production.

Eating grain damaged by the pea grain borer can cause digestive disorders, since the waste products of the larvae contain toxic substances. In this regard, peas affected and

contaminated with grains lose their value as a food product. In addition, the sowing quality of such seeds is significantly reduced, which negatively affects the formation of the future harvest.

In order to establish the effect of damage by the grain borer on seed germination and assess the effectiveness of post-harvest treatment during storage, a study was conducted at the farm of VIP-AGRO LLC in the Odessa region. After harvesting, part of the seeds were stored without additional treatment, while the other part was subjected to fumigation before storage.

For seed disinfection, permitted fumigants based on phosphine were used, in particular the drug Fumifos, which is widely used to combat pests of stocks. The treatment was carried out in accordance with the application regulations at a grain mass temperature of not less than 15 °C and grain moisture content of up to 15.5%. As a result of fumigation, beetles, larvae and pupae of the pest in the grain were destroyed.

To assess the impact of damage by the grain eater on sowing quality, a laboratory determination of the germination of seeds of different pea varieties was carried out. The experiment compared affected seeds (without fumigation) and healthy, disinfected seeds (after fumigation) (Table 3).

The results obtained indicate a significant negative impact of grain damage by the pea grain eater on its sowing quality. In all studied varieties, the germination of affected seeds was significantly lower compared to uninjured ones.

The highest germination rate among damaged seeds was found in the variety Svit – 57.7%, while the lowest rate was observed in the variety Kruise – only 43.8%. This indicates significant damage to the seed embryo due to feeding by the grain eater larvae.

After disinfection and selection of undamaged seeds that had undergone fumigation during storage, germination rates increased significantly. Thus, in the Darunok Stepu variety, germination reached 96.8%, in the Svit variety – 95.3%, and in the Kruiz variety – 94.3%.

The difference between affected and undamaged seeds ranged from 37.6% to 50.5%, which indicates significant damage by the pea grain borer.

The greatest decrease in germination was noted in the Kruiz variety, where the difference between affected and healthy seeds was 50.5%. This is explained by the fact that the pest larva, developing in the grain, often damages the seed embryo, which leads to a complete loss of its viability.

On average, the decrease in germination of affected seeds was about 43.8%, which is a significant indicator of the loss of sowing qualities.

Table 3

Effect of damage by the pea grain borer (*Bruchus pisorum* L.) on pea seed germination,%, average 2023–2025

Sort	Pea germination, %		Difference, %
	affected seeds	undamaged, after fumigation	
Svit	57.7	95.3	37.6
White angel	47.8	92.5	44.7
Darynok Stepu	51.6	96.8	45.2
Kruise	43.8	94.3	50.5
Prystan	51.8	92.6	40.8

Thus, the results of the conducted studies confirm that damage to pea seeds by the pea grain borer (*Bruchus pisorum* L.) significantly worsens its sowing and food qualities. The affected grain is characterized by significantly lower germination, which can lead to thinned seedlings and reduced crop yield.

It has been established that the use of seed fumigation during storage with preparations such as Fumifos is an effective measure to combat the pest of stocks. Such treatment allows you to destroy various stages of grain borer development and maintain high sowing quality of seeds.

Therefore, to ensure high germination of pea seeds and prevent crop losses, it is advisable to combine timely protection of crops in the field and mandatory grain fumigation during storage. The integrated use of these measures allows you to significantly reduce the harmfulness of the pea grain borer and preserve the quality of seed material.

Conclusions. As a result of the conducted research, it was established that the pea grain borer (*Bruchus pisorum* L.) is one of the most dangerous specialized pests of peas in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

A clear seasonal dynamics of the pest population was revealed. The largest number of beetles was observed in the phase of mass flowering of peas (48.2 individuals/100 net sweeps), which coincides with the period of maximum harmfulness.

Damage to seeds by the grain borer leads to a decrease in the mass of 1000 grains by 3.7–11.5%, depending on the variety. The greatest mass losses were recorded in the Prystan variety, the smallest – in the Darunok Stepu variety, which indicates differences in the resistance of varieties. The germination of seeds damaged by the grain borer is significantly reduced – by 37.6–50.5% compared to undamaged ones. This can lead to thinned seedlings and reduced yield.

It has been established that fumigation of grain during storage with the drug Fumifos is an effective measure to combat pests of stocks and allows maintaining high sowing quality of seeds.

Relevant for further research is a comprehensive study of resistant pea varieties, optimization of terms and methods of protection, as well as a systematic analysis of the influence of climatic factors on the dynamics of the *Bruchus pisorum* L. population and the effectiveness of integrated control measures.

BIBLIOGRAPHY:

1. Шушківська Н. І. Ентомофауна агроценозу гороху посівного. *Агробіологія*. 2013. № 11 (104). С. 142–145. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/entomofauna-agrocenozu-gorohu-posivnogo>
2. Кукуруза О. Є., Ременюк С. О. Ріст та продуктивність гороху за різних технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. № 31. С. 85–96. <https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292400>.
3. Nikolova I. Evaluation of phenological and morphological traits in pea accessions (*Pisum sativum* L.) and their resistance to pea weevil (*Bruchus pisorum* L.). *Journal of Applied Entomology*. 2025. №149(2). P141–156.

4. Nikolova I. Pea weevil damage and chemical characteristics of pea cultivars determining their resistance to *Bruchus pisorum* L. *Bulletin of Entomological Research*. 2016. № 106(2). P. 268–277. <https://doi.org/110.1017/S0007485315001133>.
5. Mendesil E., Rämert B., Marttila S., Hillbur Y., Anderson P. Oviposition preference of pea weevil, *Bruchus pisorum* L. among host and non-host plants and its implication for pest management. *Frontiers in Plant Science*. 2016. № 6. P.1186.
6. Aznar-Fernández T., Carrillo-Perdomo E., Flores F., Rubiales D. Identification and multi-environment validation of resistance to pea weevil (*Bruchus pisorum*) in *Pisum* germplasm. *Journal of Pest Science*. 2018. № 91(2). P. 505–514.
7. Gadi V. P. Reddy, Anamika Sharma, Ramadevi L. Gadi. Biology, Ecology, and Management of the Pea Weevil (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 2018. Vol.111, Iss. 4, P. 161–171. <https://doi.org/10.1093/aesa/sax078>
8. Кривенко А.І. Особливості розвитку горохового зерноїда на посівах гороху в центральному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2011. Вип. 5(84). С. 24–26.
9. Шульченко В. В. Біологічний та хімічний контроль комплексу шкідників бобових культур у Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Т. 28(4). С. 65–73. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.09>.
10. Nikolova I. M. Response of Pea Varieties to Damage Degree of Pea Weevil, *Bruchus pisorum* L. *Scientifica*. 2016. № 1, 8053860. <https://doi.org/10.1155/2016/8053860>.
11. Kenis M., Hurley B.P., Hajek A.E. Cock M.J.W. Classical Biological Control of Insect Pests of Trees: Facts and Figures. *Biological Invasions*. 2017. Vol. 19. P.3401–3417. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1414-4>
12. FAO. Grain Legumes Production and Protection. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/3/cb8898en/cb8898en.pdf> (дата звернення 10.03.2026).
13. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Іващенко О. О. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ: Світ, 2020. 448 с.
14. Хомик Н. І., Мартинюк В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист: навчальний посібник / за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

REFERENCES:

1. Shushkivska, N. I. (2013). Entomofauna ahrotsenozu horokhu posivnoho [Entomofauna of the agrocenosis of field peas]. *Ahrobiolohiia*, 11(104), 142–145. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/entomofauna-agrocenozu-gorohu-posivnogo> [in Ukrainian].
2. Kukuruza, O. Ye., & Remenyuk, S. O. (2023). rist ta produktyvnist horokhu za riznykh tekhnolohichnykh pryymov vyroshchuvannya v umovakh Lisostepu Ukrayiny [Growth and productivity of peas under different technological methods of cultivation in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kul'tur i Tsukrovyykh Buryakiv*, 31, 85–96. <https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292400> [in Ukrainian].

3. Nikolova, I. (2025). Evaluation of phenological and morphological traits in pea accessions (*Pisum sativum* L.) and their resistance to pea weevil (*Bruchus pisorum* L.). *Journal of Applied Entomology*, 149(2), 141–156.
4. Nikolova, I. (2016). Pea weevil damage and chemical characteristics of pea cultivars determining their resistance to *Bruchus pisorum* L. *Bulletin of Entomological Research*, 106(2), 268–277. <https://doi.org/110.1017/S0007485315001133>.
5. Mendesil, E., Rämert, B., Marttila, S., Hillbur, Y., & Anderson, P. (2016). Oviposition preference of pea weevil, *Bruchus pisorum* L. among host and non-host plants and its implication for pest management. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1186.
6. Aznar-Fernández, T., Carrillo-Perdomo, E., Flores, F., & Rubiales, D. (2018). Identification and multi-environment validation of resistance to pea weevil (*Bruchus pisorum*) in *Pisum* germplasm. *Journal of Pest Science*, 91(2), 505–514.
7. Gadi, V. P. R., Sharma, A., & Gadi, R. L. (2018). Biology, Ecology, and Management of the Pea Weevil (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 111(4), 161–171. <https://doi.org/10.1093/aesa/sax078>.
8. Kryvenko, A.I. (2011). Osoblyvosti rozvytku horokhovoho zernoida na posivakh horokhu v tsentralnomu Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of the development of pea grain borer on pea crops in the central forest-steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia*, 5(84), 24–26 [in Ukrainian].
9. Shuleshchenko, V. V. (2025). Biologichnyi ta khimichnyi kontrol kompleksu shkidnykh bobovykh kultur u Lisostepu Ukrainy [Biological and chemical control of legume pest complex in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 65–73. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.09>.
10. Nikolova, I. M. (2016). Response of Pea Varieties to Damage Degree of Pea Weevil, *Bruchus pisorum* L. *Scientifica*, 1, 8053860. <https://doi.org/10.1155/2016/8053860>.
11. Kenis, M., Hurley, B.P., Hajek, A.E. & Cock, M.J.W. (2017). Classical Biological Control of Insect Pests of Trees: Facts and Figures. *Biological Invasions*, 19, 3401–3417. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1414-4>.
12. FAO. Grain Legumes Production and Protection. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/3/cb8898en/cb8898en.pdf>
13. Trybel, S. O., Sigaryova, D. D., Sekun, M. P., & Ivashchenko, O. O. (2020). *Metodyky vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
14. Khomyk, N. I., Martyniuk, V. V., Babii, A. V., Tson, H. B., Dovbush, T. A., & Dovbush, A. D. (2025). *Ahrozakhyst [Agroprotection]*. Ternopil : FOP Palianytsia V. A. [in Ukrainian].

Trandafir I.V., Kryvenko A.I., Balan G.O., Zorunko V.I., Dzham M.A. The main pest of peas is the pea weevil (*Bruchus pisorum* L.)

The purpose of the research is to study the biological features of the development of the pea weevil (*Bruchus pisorum* L.) in pea crops under the conditions of the Steppe of Ukraine, to establish the dynamics of the number of the pest during the growing season, as well as to assess its effect on the weight and sowing quality of seeds

of various crop varieties. **Methodology.** The research was conducted in 2023–2025 in the pea crops of the LLC "VIP-AGRO" farm of Odesa region, which is located in the Southern Steppe zone of Ukraine. **Results.** The obtained results indicate a significant negative impact of grain damage by pea grain on its sowing quality. Germination of affected seeds was significantly lower in all investigated varieties compared to unaffected ones. The highest germination among damaged seeds was found in the Svit variety – 57.7%, while the lowest indicator was observed in the Cruise variety – only 43.8%. After decontamination and selection of unaffected seeds that were fumigated during storage, germination rates increased significantly. Thus, the similarity reached 96.8% in the Darunok Stepa variety, 95.3% in the World variety, and 94.3% in the Cruise variety. The difference between affected and unaffected seeds was from 37.6% to 50.5%, which indicates the significant harmfulness of the pea weevil. The greatest decrease in germination was noted in the Cruise variety, where the difference between affected and healthy seeds was 50.5%. As a result of the conducted research, it was established that the pea weevil (*Bruchus pisorum* L.) is one of the most dangerous specialized pests of peas in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. A clear seasonal dynamics of the number of pests in crops was revealed. The largest number of beetles was observed in the phase of mass flowering of peas, when the number reached 48.2 specimens/100 sweeps of the net. Damage to pea seeds by a granuloid leads to a significant decrease in grain weight. Weight loss of 1000 grains, depending on the variety, was 3.7–11.5%. Infestation of the seed by a granuloid significantly worsens its sowing quality. The similarity of damaged seeds was lower by 37.6–50.5% compared to undamaged ones. It has been established that fumigation of grain during storage with the drug Fumifos is an effective measure to combat pests of stocks and allows maintaining high sowing qualities of seeds.

Key words: pea (*Pisum sativum* L.), productivity, pea weevil (*Bruchus pisorum* L.), 1000-seed weight, seed germination, plant protection, yield, grain.

Трандафір І.В., Кривенко А.І., Балан Г.О., Зорунко В.І., Джам М.А. Головний шкідник гороху – зерноїд гороховий (*Bruchus pisorum* L.)

Мета досліджень – вивчення біологічних особливостей розвитку горохового зерноїда (*Bruchus pisorum* L.) у посівах гороху в умовах Степу України, встановлення динаміки чисельності шкідника протягом вегетаційного періоду, а також оцінка його впливу на масу та посівні якості насіння різних сортів культури. **Методика.** Дослідження проводили у 2023–2025 рр. у виробничих посівах гороху господарства ТОВ «ВІП-АГРО» Одеської області, яке розташоване в зоні Південного Степу України. **Результати.** Отримані результати свідчать про значний негативний вплив пошкодження зерна гороховим зерноїдом на його посівні якості. У всіх досліджуваних сортів схожість ураженого насіння, була істотно нижчою порівняно з неураженим. Найвищу схожість серед пошкодженого насіння, було встановлено у сорту Світ – 57,7%, тоді як найнижчий показник, спостерігався у сорту Круїз – лише 43,8%. Після знезараження та відбору неураженого насіння, яке пройшло фумігацію під час зберігання, показники схожості значно зростали. Так, у сорту Дарунок Степу схожість досягала 96,8%, у сорту Світ – 95,3%, у сорту Круїз – 94,3%. Різниця між ураженим і неураженим насінням становила від 37,6% до 50,5%,

що свідчить про значну шкодочинність горохового зерноїда. Найбільше зниження схожості відзначено у сорту Круїз, де різниця між ураженим і здоровим насінням становила 50,5%. У результаті проведених досліджень встановлено, що гороховий зерноїд (*Bruchus pisorum* L.) є одним із найнебезпечніших спеціалізованих шкідників гороху в умовах Південного Степу України. Виявлено чітку сезонну динаміку чисельності шкідника в посівах культури. Найбільша кількість жуків спостерігалася у фазі масового цвітіння гороху, коли чисельність досягала 48,2 екз./100 помахів сачком. Пошкодження насіння гороху зерноїдом, призводить до суттєвого зменшення

маси зерна. Втрати маси 1000 зерен, залежно від сорту становили 3,7–11,5%. Ураження насіння зерноїдом значно погіршує його посівні якості. Схожість пошкодженого насіння, була нижчою на 37,6–50,5% порівняно з неураженим. Встановлено, що фумігація зерна під час зберігання препаратом Фуміфос є ефективним заходом боротьби зі шкідниками запасів та дозволяє зберегти високі посівні якості насіння.

Ключові слова: горох (*Pisum sativum* L.), продуктивність, гороховий зерноїд (*Bruchus pisorum* L.), маса 1000 насінин, схожість насіння, захист рослин, урожайність, зерно.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 633.34:631.53.027:631.811.98 (477.7)
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.33>

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

УГРІН О.М. – здобувач наукового ступеня доктора філософії (PhD)

orcid.org/0009-0002-0710-5852

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0001-8351-2519

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Підвищення продуктивності сої в умовах Південного регіону України пов'язане не лише з розширенням площ посіву, а передусім із реалізацією генетичного потенціалу сортів за обмеженого ресурсного забезпечення та нестабільних погодних умов. Для культури сої, насіння якої одночасно є джерелом високоякісного білка й олії, технологічний прийом має оцінюватися за комплексом критеріїв: формуванням елементів структури врожаю, рівнем урожайності, концентрацією основних компонентів хімічного складу та їх фактичним збором з одиниці площі. Саме поєднання цих показників визначає виробничу цінність сорту і доцільність застосування конкретного інокуляційного комплексу.

Передпосівна інокуляція насіння препаратами на основі *Bradyrhizobium* є важливою складовою біологізованої технології вирощування сої. Проте врожайний ефект залежить від сумісності мікроорганізмів із генотипом рослини та від здатності бактеріального комплексу впливати не тільки на азотне живлення, а й на розвиток кореневої системи, мобілізацію фосфору, поглинання елементів живлення та стійкість рослин до стресів. Тому практичний інтерес становить порівняння монокомпонентного ризобіального препарату з композиціями, до складу яких входять представники родин *Bacillus* і *Pseudomonas*.

У посушливих умовах півдня України біологічні препарати розглядають як засіб підвищення продуктивності без пропорційного нарощування витрат мінерального азоту. Світові польові дослідження та метааналізи підтверджують, що коінокуляція сої може поліпшувати елементи структури врожаю, збільшувати врожайність і концентрацію азоту в насінні, однак величина ефекту змінюється залежно від сорту, штамового складу, ґрунту й погодних умов [2–6]. Для композицій РизобінК із *Bacillus velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 та *Bacillus megaterium* УКМ B-5724 відсутнє достатнє порівняльне оцінювання за комплексом «структура врожаю – урожайність – якість насіння» в умовах Півдня України. Це визначає наукову та прикладну актуальність дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результативність інокуляції сої значною мірою визначається взаємодією «штам – сорт – середовище».

У дослідженнях Szczerba et al. встановлено, що різні інокулянти *Bradyrhizobium* неоднаково впливали на фізіологічні й агрономічні ознаки сортів сої, що пов'язувалося з відмінностями експресії генів, залучених до нодуляції [2]. Польові дослідження в Німеччині також підтвердили істотну взаємодію штамів *Bradyrhizobium* із сортами та необхідність добору адаптованих симбіотичних пар [3]. Отже, навіть застосування високоефективного ризобіального препарату не гарантує однакового результату для сортів різної тривалості вегетації.

Додаткове введення до інокуляційної системи рістстимулювальних бактерій може розширювати спектр дії біопрепарату. Метааналіз польових досліджень показав, що коінокуляція *Bradyrhizobium* з *Azospirillum* підвищувала врожайність сої та концентрацію азоту в зерні порівняно з лише ризобіальною інокуляцією [4]. Масштабна п'ятирічна виробнича перевірка цієї технології засвідчила середній приріст урожайності 273 кг/га, хоча окремі польові реакції істотно варіювали [5]. Застосування *Pseudomonas* разом із *Bradyrhizobium* сприяло поліпшенню живлення та забезпечувало приріст урожайності на 10,85% у польовому досліді [6].

Перспективність бактерій родів *Bacillus* і *Priestia* пов'язують із продукуванням фітогормонів, мобілізацією важкодоступних сполук фосфору, формуванням біоплівки та підвищенням фізіологічної стійкості рослин. У дослідженні Marchão et al. додаткове застосування представників *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia* і *Bacillus* на сої, попередньо інокульованої *Bradyrhizobium*, підвищувало врожайність на 4–7%; композиція з *Priestia megaterium* і *Bacillus subtilis* позитивно впливала на масу 1000 зерен [7]. За трикомпонентної мікробної обробки у польових умовах також отримано збільшення кількості бобів та врожайності сої [8]. Водночас такі результати не можна безпосередньо переносити на інші штами та сорти, що зумовлює необхідність регіональної перевірки конкретних композицій.

Попередні дослідження переважно зосереджувалися на нодуляції, азотфіксації або загальному врожайному ефекті інокуляції. Менш вивченим залишається узгоджений вплив різних ендосимбіотично-ризобіальних композицій на морфологічні компоненти продуктивності,



вміст білка й жиру та їх збір з гектару у сортів із різними біологічними особливостями. У цій статті вперше в двохфакторній схемі узагальнено результати багаторічного дослідження щодо сортів Софія і Монарх та чотирьох способів інокуляції порівняно з необробленим контролем.

Мета дослідження. Встановити особливості формування елементів структури врожаю, урожайності та якості насіння сортів сої Софія і Монарх залежно від передпосівної інокуляції РизобіномК та його композиціями з *Bacillus velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas sp. 6* і *Bacillus megaterium* УКМ B-5724 в умовах Причорномор'я України.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. у Херсонській області на дослідних полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН на темно-каштановому ґрунті. Дослід закладали за двофакторною схемою. Фактор А – сорт: Софія; Монарх. Фактор В – передпосівна інокуляція насіння: контроль без обробки; РизобінК; РизобінК + *Bacillus velezensis* IMB B-8134; РизобінК + *Pseudomonas sp. 6*; РизобінК + *Bacillus megaterium* УКМ B-5724.

Структуру врожаю оцінювали за висотою рослин і прикріплення першого бобу, кількістю продуктивних вузлів, бобів і насінин на одній рослині, масою насіння з рослини та масою 1000 насінин. Урожайність визначали методом суцільного обліку з приведенням маси насіння до стандартної вологості. Вміст білка й жиру визначали у перерахунку на абсолютно суху речовину; збір білка й жиру розраховували за фактичною урожайністю та відповідною концентрацією компонента. Польові обліки і статистичне опрацювання здійснювали

відповідно до методики польового дослідження [9]. Істотність часткових відмінностей урожайності оцінювали за НІР_{0,05}.

Результати досліджень. За усередненими даними 2023–2025 рр. сорти сої істотно різнилися за архітектонікою рослин і характером реакції на інокуляційні композиції (табл. 1).

Сорт Монарх формував вищі рослини, більшу кількість бобів і насінин, тоді як сорт Софія характеризувався більшою масою 1000 насінин та вищою урожайністю. Ці відмінності свідчать, що продуктивність сортів формувалася за різними морфологічними моделями: у сорту Монарх – переважно через кількість генеративних органів, у сорту Софія – через поєднання достатньої озерненості та більшої крупності насіння.

У сорту Софія використання РизобінК без додаткового бактеріального компонента майже не змінював висоту рослин, кількість бобів і масу насіння з рослини порівняно з контролем. Натомість композиційні варіанти забезпечували чітку перебудову генеративної продуктивності. За поєднання РизобінК з *Pseudomonas sp. 6* кількість бобів зростала з 19 до 24 шт., кількість насінин – із 41 до 55 шт., маса насіння з рослини – із 7,3 до 8,6 г. Маса 1000 насінин становила 158,9 г проти 150,5 г у контролі. Варіант із доповненням *B. megaterium* був близьким за більшістю показників: 23 боби, 54 насінини та 8,4 г насіння з рослини. Водночас варіант при додаванні *B. velezensis* IMB B-8134 забезпечував меншу кількість бобів, ніж *Pseudomonas*, але формував 49 насінин і збільшував масу 1000 насінин до 158,0 г.

У сорту Монарх найпомітнішою була реакція кількості генеративних органів та індивідуальної продуктивності рослини. За використання в композиції *Pseudomonas sp. 6* кількість бобів збільшувалася

Таблиця 1

Морфологічні ознаки та структура врожаю сортів сої залежно від передпосівної інокуляції насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Висота рослин, см	Висота прикріплення першого боба, см	Продуктивні вузли, шт.	Боби, шт.	Насіння, шт.	Маса насіння з рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Сорт Софія							
Контроль	98	14	10	19	41	7,3	150,5
РизобінК	99	14	11	20	41	7,3	150,5
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	100	15	11	21	49	8,2	158,0
РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	104	15	12	24	55	8,6	158,9
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	103	16	12	23	54	8,4	157,2
Сорт Монарх							
Контроль	138	21	12	31	61	8,3	146,0
РизобінК	139	22	12	31	62	8,5	146,0
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	141	24	14	32	75	10,3	149,2
Монарх – РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	143	24	14	35	78	12,5	152,5
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	142	23	15	35	77	11,7	150,0
НІР _{0,05}	13,8	2,7	1,0	4,2	8,9	1,1	3,0

з 31 до 35 шт., кількість насінин – із 61 до 78 шт., а маса насіння з однієї рослини – з 8,3 до 12,5 г. Композиція з *B. megaterium* забезпечувала 35 бобів, 77 насінин і 11,7 г насіння з рослини, а *B. velezensis* – 32 боби, 75 насінин та 10,3 г. Отже, за окремими структурними ознаками найкращим був варіант із включенням *Pseudomonas sp. 6*, проте максимальні компоненти продуктивності однієї рослини не завжди прямо трансформувалися в найвищу врожайність посіву.

Ця невідповідність є важливою для інтерпретації польових результатів. Урожайність визначається не лише продуктивністю модельної рослини, а й густотою продуктивного стеблостою, виживанням рослин, рівномірністю розвитку, тривалістю наливу та здатністю сорту реалізувати підвищену кількість генеративних органів у межах усього агроценозу. Тому остаточну оцінку інокуляційних композицій здійснювали за фактичною врожайністю і збором білка та жиру (табл. 2).

Сорт Софія істотно переважав Монарх за врожайністю в усіх варіантах. На контролі різниця становила 1,03 т/га, а за найефективнішої композиції з *B. velezensis* – 1,23 т/га. Проте сорт Монарх характеризувався вищою концентрацією білка в насінні: на контролі – 39,37 проти 38,23% у сорту Софія; за інокуляційних варіантів – 39,90–40,88 проти 39,50–39,93%. Це підтверджує генотипову зумовленість співвідношення між врожайністю та біохімічним складом насіння.

У сорту Софія застосування РизобінуК підвищило врожайність із 3,08 до 3,47 т/га, тобто на 0,39 т/га, або 12,7%. Композиція РизобінК + *B. velezensis* IMB B-8134 забезпечила максимальну врожайність 3,73 т/га, що перевищувало контроль на 0,65 т/га, або 21,1%. Варіанти з *Pseudomonas sp. 6* та *B. megaterium* УМК B-5724 сформували відповідно 3,47 і 3,49 т/га; їх перевага над контролем становила 12,7 і 13,3%. З урахуванням $HIP_{0,05}$ за фактором В найбільш переконливий приріст урожайності одержано саме за композиції з *B. velezensis*.

У сорту Монарх урожайність на контролі становила 2,05 т/га. Інокуляція препаратом РизобінК підвищувала її до 2,19 т/га, або на 6,8%. Максимум 2,50 т/га отримано за комбінації РизобінК + *B. velezensis* IMB B-8134; приріст до контролю становив 0,45 т/га, або 22,0%. Композиції з *Pseudomonas sp. 6* та *B. megaterium* забезпечили 2,27 і 2,24 т/га, що на 10,7 і 9,3% перевищувало контроль. Отже, в обох сортів найбільш стабільним за урожайністю був варіант із *B. velezensis*, хоча реакція інших елементів структури врожаю була неоднаковою.

Передпосівна інокуляція поліпшувала не лише кількісні, а й якісні показники продукції сої. У сорту Софія вміст білка в насінні підвищувався з 38,23% у контролі до 39,50–39,93% – у дослідних варіантах. Максимальний показник 39,93% отримано за наявності *B. velezensis*, що на 1,70 відсоткового пункту перевищувало контроль. Вміст жиру у цьому варіанті зростав із 16,94 до 18,37%, або на 1,43 відсоткового пункту.

У сорту сої Монарх найбільший вміст білка – 40,88% – встановлено за композиції з *Pseudomonas sp. 6*, тоді як за *B. velezensis* він становив 40,81%. Різниця між цими двома варіантами була мінімальною, але врожайність сої за використання *B. velezensis* була на 0,23 т/га вищою. Максимальний вміст жиру – 19,51% – також отримано за включення *B. velezensis*; близьке значення 19,39% забезпечував РизобінК. Це свідчить, що у сорту Монарх окремі інокулянти неоднаково впливали на білкову й олійну складові, а найкращий комплексний результат визначався поєднанням концентрації та врожайності.

Збір білка є інтегральним показником, який враховує обидві складові – урожайність і білковість насіння. У сорту сої Софія за *B. velezensis* він досягав 1489 кг/га проти 1177 кг/га – у контролі, тобто збільшувався на 312 кг/га, або 26,5%. Збір жиру зростав із 522 до 685 кг/га – на 163 кг/га, або 31,2%. У сорту Монарх відповідні показники становили 1020 і 488 кг/га проти

Таблиця 2

Урожайність, вміст і збір білка та жиру залежно від сорту й інокуляції (середнє за 2023–2025 рр.)

Фактор В	Урожайність, т/га	Білок, %	Жир, %	Збір білка, кг/га	Збір жиру, кг/га
Фактор А Сорт Софія					
Контроль	3,08	38,23	16,94	1177	522
РизобінК	3,47	39,50	17,40	1371	604
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	3,73	39,93	18,37	1489	685
РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	3,47	39,86	17,97	1383	624
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	3,49	39,73	17,95	1387	626
Фактор А Сорт Монарх					
Контроль	2,05	39,37	17,22	807	353
РизобінК	2,19	39,90	19,39	874	425
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	2,50	40,81	19,51	1020	488
РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	2,27	40,88	18,74	928	425
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	2,24	40,29	18,42	902	413
$HIP_{0,05}$ часткових різниць	A = 0,22; B = 0,34				
$HIP_{0,05}$ головних ефектів	A = 0,09; B = 0,24				

807 і 353 кг/га – у контролі; приріст дорівнював 213 кг/га білка та 135 кг/га жиру, або 26,4 і 38,2%.

Порівняння з літературними даними підтверджує загальну закономірність позитивного впливу інокуляції на продуктивність сої, але водночас демонструє специфічність отриманих реакцій. Książak і Wojarszczuk повідомляли про підвищення врожайності сої за інокуляції *B. japonicum* приблизно на 20% та збільшення збору білка [10]. У нашому дослідженні приріст від одного РизобінуК становив 6,8–12,7%, тоді як композиція з *B. velezensis* забезпечила 21,1–22,0%. Це вказує, що додатковий ендоефітний компонент підсилював практичну реалізацію ризобіального ефекту. Подібно до результатів Marchão et al. [7], представники *Bacillus* / *Priestia* впливали на масу 1000 насінин та інші структурні ознаки, однак найрезультативнішим у наших умовах виявився конкретний штам *B. velezensis* IMB B-8134.

Варіант із компонентом *Pseudomonas* sp. 6 заслуговує окремої оцінки. Він забезпечував формування максимальної кількості бобів, насінин і маси насіння з однієї рослини, а у сорту сої Монарх – найвищий вміст білка. Проте за фактичною врожайністю поступався *B. velezensis*. Подібну неоднозначність реакції можна пояснити тим, що стимулювання індивідуальної продуктивності рослин не завжди супроводжується однаковою стабільністю посіву. Дослідження Kumawat et al. [6] підтверджує здатність *Pseudomonas* у поєднанні з *Bradyrhizobium* покращувати живлення та врожайність, але величина ефекту залежить від штамів і умов середовища.

Використання композиції з *B. megaterium* УКМ B-5724 займала проміжне положення за урожайністю, однак помітно збільшувала кількість продуктивних вузлів і насінин, особливо у сорту Монарх. Фосфатмобілізувальні та рістстимулювальні властивості представників цієї групи можуть сприяти формуванню генеративних органів, але наявні результати не дають підстав приписувати конкретний механізм дії без спеціальних фізіолого-біохімічних досліджень.

Узагальнення результатів дає підстави диференціювати інокулянти за спрямованістю дії. Ризобінок формував базове підвищення урожайності та якості. *Pseudomonas* sp. 6 найсильніше впливав на елементи структури врожаю окремої рослини та білковість сорту Монарх. *B. megaterium* забезпечував виразний, але помірний комплексний ефект. *B. velezensis* IMB B-8134 найбільш послідовно поєднував підвищення урожайності, вмісту білка й жиру та їх збору з гектару в обох сортів. Саме стабільність результату за різних генотипів є ключовим аргументом на користь цього варіанта для виробничої перевірки.

Для умов Півдня України на основі трирічних даних 2023–2025 рр. встановлено сортоспецифічні особливості впливу РизобінуК та його композицій із *B. velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 і *B. megaterium* УКМ B-5724 на структуру врожаю, урожайність і біохімічну якість насіння сої. Визначено, що максимальна індивідуальна продуктивність рослин і найвища врожайність сої може формуватися за використання різних бактеріальних композицій. Практично найбільш цінним

визначено варіант Ризобінок + *B. velezensis* IMB B-8134, який забезпечив максимальну урожайність і найбільший збір білка та жиру в обох сортів сої.

Висновки.

1. Встановлено, що передпосівна інокуляція насіння істотно впливала на формування структури врожаю, урожайність і якість насіння сортів сої Софія та Монарх. Ефективність застосованих композицій визначалася особливостями генотипу сорту та складом бактеріального консорціуму.

2. Найбільшу кількість бобів і насінин на рослині забезпечувало використання композиції Ризобінок + *Pseudomonas* sp. 6: у сорту Софія – 24 і 55 шт., у сорту Монарх – 35 і 78 шт.; маса насіння з рослини становила відповідно 8,6 і 12,5 г.

3. Максимальну урожайність в обох сортів сформовано за використання для інокуляції композиції Ризобінок + *Bacillus velezensis* IMB B-8134: 3,73 т/га у сорту Софія та 2,50 т/га – у сорту Монарх, що перевищувало контроль на 0,65 і 0,45 т/га, або 21,1 і 22,0%.

4. Застосування композиції з *B. velezensis* поєднувало одержання як високої врожайності, так і покращувало якість. Вміст білка при цьому становив 39,93% у сорту Софія та 40,81% – у сорту Монарх, жиру – 18,37 і 19,51%.

5. Найвищий збір білка і жиру отримано за використання Ризобінок + *B. velezensis*: у сорту Софія – 1489 і 685 кг/га, у сорту Монарх – 1020 і 488 кг/га. Приріст збору білка до контролю становив 26,5 і 26,4%, жиру – 31,2 і 38,2%.

6. В умовах Півдня України найбільш ефективним є застосування передпосівної інокуляції композицією Ризобінок + *B. velezensis* IMB B-8134; композицію з *Pseudomonas* sp. 6 доцільно розглядати як варіант спрямованого поліпшення окремих елементів структури врожаю та білковості насіння.

Перспективи подальших досліджень. Подальша робота має бути спрямована на встановлення стабільності ефектів композицій у виробничих посівах, аналіз взаємозв'язків між структурою врожаю, фотосинтетичною діяльністю й симбіотичною азотфіксацією, а також на економічну та енергетичну оцінку застосування інокулянтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Голобородько С. П., Дубинська О. Д., Іутинська Г. О., Титова Л. В., Шевчук Н. В. Наукові основи підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу рослинами сої на зрошуваних землях Південного Степу України : монографія. Одеса : ОЛДІ ПЛЮС, 2025. 162 с.
2. Szczerba A., Płazek A., Kopeć P., et al. Effect of different *Bradyrhizobium japonicum* inoculants on physiological and agronomic traits of soybean associated with different expression of nodulation genes. *BMC Plant Biology*. 2024. 24, 1201. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05911-x>
3. Reckling M., Bergkvist G., Watson C. A., et al. Enhanced soybean productivity by inoculation with indigenous *Bradyrhizobium* strains in agroecological conditions of Northeast Germany. *Frontiers in Plant Science*. 2021. 12, 707080. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.707080>

4. Barbosa J. Z., Hungria M., Sena J. V. S., et al. Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. *Applied Soil Ecology*. 2021. 163, 103913. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103913>
5. Prando A. M., Barbosa J. Z., de Oliveira A. B., Nogueira M. A., Possamai E. J., Hungria M. Benefits of soybean co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: Large-scale validation with farmers in Brazil. *European Journal of Agronomy*. 2024. 155, 127112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127112>
6. Kumawat K. C., Singh I., Nagpal S., Sharma P., Gupta R. K., Sirari A. Co-inoculation of indigenous *Pseudomonas oryzae* and *Bradyrhizobium* sp. modulates the growth, symbiotic efficacy, nutrient acquisition, and grain yield of soybean. *Pedosphere*. 2022. 32(3), 438–451. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60085-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60085-1)
7. Marchão R. L., da Silva G. C., de Andrade S. R. M., et al. Improving soybean development and grain yield by complementary inoculation with growth-promoting bacteria *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia*, and *Bacillus*. *Plants*. 2025. 14(3), 402. <https://doi.org/10.3390/plants14030402>
8. Rafique M., Naveed M., Mumtaz M. Z., et al. 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*. 2024. 15, 1437489. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1437489>
9. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (зрошування землеробство) : навчальний посібник. Херсон : Гринь Д. С., 2014. 448 с.
10. Książak J., Bojarszczuk J. The Effect of Mineral N Fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* Seed Inoculation on Productivity of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agriculture*. 2022. Vol. 12, No. 1. Art. 110. DOI: 10.3390/agriculture12010110.
11. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Рубцов Д. К., Біднина І. О., Клубук В. В. Сучасні аспекти вирішення проблеми економії азотних добрив при вирощуванні сої в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2020. № 1. С. 11–16. <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2020.1.2>
12. Silvestrini G. R., Rosa E. J. da, Corrêa H. C. et al. Potential Use of Phosphate-Solubilizing Bacteria in Soybean Culture. *AgriEngineering*. 2023. Vol. 5, No. 3. P. 1544–1554. DOI: 10.3390/agriengineering5030095.
- soybean associated with different expression of nodulation genes. *BMC Plant Biology*, 24, 1201. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05911-x>
3. Reckling, M., Bergkvist, G., & Watson, C. A., et al. (2021). Enhanced soybean productivity by inoculation with indigenous *Bradyrhizobium* strains in agroecological conditions of Northeast Germany. *Frontiers in Plant Science*, 12, 707080. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.707080>
4. Barbosa, J. Z., Hungria, M., & Sena, J. V. S., et al. (2021). Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. *Applied Soil Ecology*, 163, 103913. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103913>
5. Prando, A. M., Barbosa, J. Z., de Oliveira, A. B., Nogueira, M. A., Possamai, E. J., & Hungria, M. (2024). Benefits of soybean co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: Large-scale validation with farmers in Brazil. *European Journal of Agronomy*, 155, 127112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127112>
6. Kumawat, K. C., Singh, I., Nagpal, S., Sharma, P., Gupta, R. K., & Sirari, A. (2022). Co-inoculation of indigenous *Pseudomonas oryzae* and *Bradyrhizobium* sp. modulates the growth, symbiotic efficacy, nutrient acquisition, and grain yield of soybean. *Pedosphere*, 32(3), 438–451. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60085-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60085-1)
7. Marchão, R. L., da Silva, G. C., & de Andrade, S. R. M., et al. (2025). Improving soybean development and grain yield by complementary inoculation with growth-promoting bacteria *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia*, and *Bacillus*. *Plants*, 14(3), 402. <https://doi.org/10.3390/plants14030402>
8. Rafique, M., Naveed, M., & Mumtaz, M. Z., et al. (2024). 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*, 15, 1437489. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1437489>
9. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Methods of field experiment (irrigated agriculture)]*. Kherson : Hrin D. S. [in Ukrainian].
10. Książak, J., & Bojarszczuk, J. (2022). The effect of mineral N fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* seed inoculation on productivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agriculture*, 12(1), 110. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010110>
11. Vozhehova, R. A., Borovyk, V. O., Rubtsov, D. K., Bidnyna, I. O., & Klubuk, V. V. (2020). Suchasni aspekty vyryshennia problemy ekonomii azotnykh dobryv pry vyroshchuvanni soi v umovakh zroshennia [Modern aspects of solving the problem of nitrogen fertilizer saving in irrigated soybean cultivation]. *Agrarian Innovations*, 1, 11–16. <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2020.1.2> [in Ukrainian].
12. Silvestrini, G. R., da Rosa, E. J., & Corrêa, H. C., et al. (2023). Potential use of phosphate-solubilizing bacteria in soybean culture. *AgriEngineering*, 5(3), 1544–1554. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5030095>

REFERENCES:

1. Holoborodko, S. P., Dubynska, O. D., Iutynska, H. O., Tytova, L. V., & Shevchuk, N. V. (2025). *Naukovi osnovy pidvyshchennia efektyvnosti bobovo-ryzobialnoho symbiozu roslynamy soi na zroshuvanykh zemliakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Scientific foundations for increasing the efficiency of legume-rhizobial symbiosis by soybean plants on irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine]*. Odesa: OLDI PLUS, 162 [in Ukrainian].
2. Szczerba, A., Płazek, A., Kopeć, P., et al. (2024). Effect of different *Bradyrhizobium japonicum* inoculants on physiological and agronomic traits of

Угрін О.М., Біднина І.О. Продуктивність та якість насіння сортів сої залежно від передпосівної інокуляції в умовах Півдня України

Мета. Встановити вплив передпосівної інокуляції на структуру врожаю, урожайність, вміст і збір білка та жиру в сортів сої Софія і Монарх. **Методи:** польовий, аналітичний, розрахунково-порівняльний, математичної статистики. Польові дослідження проведено в Херсонській області у 2023–2025 рр. на дослідних полях Інституту кліматично орієнтованого сільськогосподарства НААН. Досліджували контроль без обробки, РизобінК та його композиції з *Bacillus velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 і *Bacillus megaterium* УКМ B-5724. Визначали висоту рослин і прикріплення першого боба, кількість продуктивних вузлів, бобів і насінин, масу насіння з рослини та 1000 насінин, урожайність, вміст і збір білка й жиру. **Результати.** Композиція з *Pseudomonas* sp. 6 формувала найбільшу кількість бобів і насінин на рослині: у сорту Софія – 24 і 55 шт., у сорту Монарх – 35 і 78 шт. Максимальну урожайність забезпечило застосування композиції РизобінК + *B. velezensis* IMB B-8134 – 3,73 т/га у сорту Софія та 2,50 т/га у сорту Монарх, що на 21,1 і 22,0% перевищувало контроль. У цьому варіанті вміст білка становив відповідно 39,93 і 40,81%, жиру – 18,37 і 19,51%. Збір білка досягав 1489 і 1020 кг/га, жиру – 685 і 488 кг/га. **Висновки.** Реакція сортів сої на інокуляційні композиції була диференційованою. *Pseudomonas* sp. 6 найбільше впливав на окремі елементи структури врожаю, тоді як *B. velezensis* IMB B-8134 забезпечував найкраще поєднання урожайності та якості насіння. Для умов Півдня України на основі трирічних даних 2023–2025 рр. встановлено сортоспецифічні особливості впливу РизобінуК та його композицій із *B. velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 і *B. megaterium* УКМ B-5724 на структуру врожаю, урожайність і біохімічну якість насіння сої. Визначено, що максимальна індивідуальна продуктивність рослин і найвища урожайність сої може формуватися за використання різних бактеріальних композицій. Практично найбільш цінним визначено варіант РизобінК + *B. velezensis* IMB B-8134, який забезпечив максимальну урожайність і найбільший збір білка та жиру в обох сортів сої.

Ключові слова: соя, Софія, Монарх, інокуляція, *Bacillus velezensis*, *Pseudomonas*, *Bacillus megaterium*, структура врожаю, урожайність, білок, жир.

Uhrin O.M., Bidnyna I.O. Productivity and seed quality of modern soybean varieties depending on pre-sowing inoculation under the conditions of the Black Sea region of Ukraine

Purpose. To determine the effect of pre-sowing inoculation on crop structure, yield, and protein and fat content and yield in the soybean varieties Sofia and Monarch. **Methods:** field, analytical, computational-comparative, and mathematical statistics. Field studies were conducted in the Kherson region in 2023–2025 on experimental fields of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The study included a control without treatment, RhizobinK, and its formulations with *Bacillus velezensis* IMV B-8134, *Pseudomonas* sp. 6, and *Bacillus megaterium* UKM B-5724. The following parameters were determined: plant height and the position of the first pod, the number of productive nodes, pods, and seeds, seed weight per plant and per 1,000 seeds, yield, and protein and fat content and yield. **Results.** The formulation containing *Pseudomonas* sp. 6 produced the highest number of pods and seeds per plant: 24 and 55, respectively, in the Sofia variety, and 35 and 78, respectively, in the Monarch variety. The highest yield was achieved with the application of the RhizobinK + *B. velezensis* IMV B-8134 mixture – 3.73 t/ha for the Sofia variety and 2.50 t/ha for the Monarch variety, which exceeded the control by 21.1% and 22.0%, respectively. In this treatment, the protein content was 39.93% and 40.81%, respectively, and the fat content was 18.37% and 19.51%. Protein yield reached 1,489 and 1,020 kg/ha, and fat yield reached 685 and 488 kg/ha. **Conclusions.** The response of soybean varieties to the inoculation mixtures varied. *Pseudomonas* sp. 6 had the greatest effect on individual components of the yield structure, while *B. velezensis* IMV B-8134 provided the best combination of yield and seed quality. For the conditions of Southern Ukraine, based on three-year data from 2023–2025, the variety-specific features of the influence of RhizobinK and its compositions with *B. velezensis* IMV B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 and *B. megaterium* UKM B-5724 on the crop structure, yield and biochemical quality of soybean seeds were established. It was determined that the maximum individual productivity of plants and the highest soybean yield can be formed using different bacterial compositions. The RhizobinK + *B. velezensis* IMV B-8134 variant was determined to be practically the most valuable, which ensured the maximum yield and the highest protein and fat collection in both soybean varieties.

Key words: soybean, Sofia, Monarch, inoculation, *Bacillus velezensis*, *Pseudomonas*, *Bacillus megaterium*, yield structure, yield, protein, fat.

Дата першого надходження статті до видання: 26.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ МЕТОДУ ГАПЛОЇДІЇ У СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИ

ЧЕРЧЕЛЬ В.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН
orcid.org/0000-0002-0429-4961

Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України

КОСТЕНКО В.В. – аспірант
orcid.org/0009-0005-3863-3334

Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Результативність будь-якої дослідної справи в аграрній науці залежить, насамперед, від системного планування всіх складових дослідження, тобто місця проведення пошукових робіт, використаного матеріалу та методів досліджень. Селекційна наука серед усіх аграрних спеціальностей надзвичайно чутлива до коректності проведення експерименту тому, що кінцевий результат набувається через десятиріччя. Слід зазначити, що сьогодні уніфікованих загальних методик селекційного процесу не існує, але зберігаються основні принципи з організації досліджень. У послідовності селекційного процесу важливе значення мають різні ланки в яких проводять оцінку, добір, гібридизацію, інбридинг, тощо [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим інструментом селекціонера при створенні нових сортів і гібридів є вибір методу селекції, що опирається на вирішення конкретних селекційних задач та сучасного розвитку науки. Базовий для кукурудзи інбридинго-гібридизаційний метод передбачає два етапи отримання кінцевого селекційного продукту (інбридинг і гібридизація), які пов'язані з використанням ефекту гетерозису, та визначається через випробування отриманого, завдяки запланованим схрещуванням, гібридного матеріалу [2, 3].

Традиційний метод їх створення шляхом інбридингу потребує тривалого часу (6–7 років) і значних затрат на проведення поступової гомозиготизації генотипу [4]. У даний час у практику селекційної роботи з кукурудзою широко впроваджується альтернативний метод прискореного синтезу гомозиготних ліній, вперше запропонований С. Chase [5, 6]. Він базується на виділенні з вихідних популяцій гаплоїдних рослин, їх диплоїдизації, самозапиленні і отриманні протягом одного сезону нових гомозиготних ліній. Розроблена зручна технологія з використанням матрокліної гаплоїдії [7]. Широке впровадження даного методу в селекційну практику потребувало створення маркерних генотипів-запилювачів, які б стимулювали яйцеклітину до партеногенетичного розвитку і дозволяли легко та надійно ідентифікувати зернівки з гаплоїдним зародком.

Поряд з тим безпосереднє впровадження в селекційну практику методу гаплоїдії висвітлює ряд

проблемних питань таких, як: особливості використання різних зародкових геноплазм, контроль та збереження рівня індукції гаплоїдів, удосконалення техніки ідентифікації гаплоїдних генотипів, покращення диплоїдизації, нюанси селекційної оцінки подвійних гаплоїдів.

Селекція гетерозисних культур пов'язана в основному з двома головними напрямками: створення гібридів для промислового використання та покращення генофонду вихідного матеріалу для забезпечення прогресу селекційного продукту. Відповідно їм оцінка, добір, поліпшення і впровадження селекційних досягнень здійснюється за загальноприйнятими організаційними правилами. Проте кожен окремий метод синтезу вихідного матеріалу (інбридинг, гаплоїдія, синглідз) має свої нюанси без знання яких результативність селекції може істотно знизитись [8].

Популярність методу гаплоїдії обумовлена швидким доведенням, за 2 роки, вихідних форм до гомозиготного стану. Однак прискорення процесу створення нових ліній може бути нівельовано терміном остаточної їх оцінки за господарсько-цінними ознаками. При отриманні готових подвійно-гаплоїдних ліній повністю відсутній попередній добір, який при стандартному методі створення ліній проводиться протягом всіх генерацій самозапилення (S_1 – S_7). Між тим є повідомлення, що можна проводити добір рослин вже на стадії гаплоїдів [9] та навіть вести рекурентну селекцію при запиленні стерильних гаплоїдних рослин пилом диплоїдних форм [10], чи подвійних гаплоїдів, але з іншою організацією процесу добору [11].

Виявлено, що походження вихідного матеріалу може впливати на схильність генотипів до формування гаплоїдів і їх сприйнятливості до генетичного маркування [7]. Схильність вихідного матеріалу до формування гаплоїдів може бути викликана, як морфологічними особливостями зернівки, так і генетичними чинниками. Під морфологічними особливостями зернівки в основному мали на увазі різного роду забарвлення алейронового прошарку, зародку та оплодневої ніжки зернівки, які перешкоджають коректній ідентифікації маркованого матеріалу. Такий фоновий колір часто присутній в інбредному матеріалі зародкової плазми Айодент та Рейд (SSS), що відбивається в кількісній характеристиці



подвоєних гаплоїдних ліній при використанні їх в гаплоїдії. Так, за час досліджень в ДУ ІЗК НААН, з вихідного матеріалу плазми Ланкастер отримано подвійних гаплоїдних ліній у 4 рази більше, ніж при використанні селекційного матеріалу геноплазм Айодент, Рейд (SSS) та Європейської кременистої [12, 13].

Дослідниками не раз висловлювалась гіпотеза, що в процесі селекції методом гаплоїдії відбувається не тільки добір більш схильних генотипів до індукції гаплоїдів, а й посилення здатності до утворення гаплоїдів в наступних циклах рекомбінації і доборів [14–16]. Таким чином, великий вихід подвоєно-гаплоїдних ліній пов'язаний з присутністю в гібридних комбінаціях селекційного продукту отриманого методом гаплоїдії, а також присутністю форм генетично більш схильних до гаплоїдії. За нашими дослідженнями найбільша ефективність у виділенні гаплоїдів була зафіксована у геноплазм Ланкастер та різних варіантів змішаної плазми. На базі вихідного матеріалу плазми Айодент було отримано подвійно-гаплоїдні лінії тільки після попередньої адаптації матеріалу до цього методу, а також підвищення навиків персоналу стосовно ідентифікації умовно гаплоїдних зерен. Слід зазначити, що припущення, відносно виявлення серед гібридів створених на базі подвійних гаплоїдів високої схильності до утворення гаплоїдів при схрещуванні з індуктором, не підтвердилось рядом експериментів [17]. Тобто зниження врожайності таких гібридів у виробничих умовах за рахунок збільшення числа гаплоїдних рослин мало ймовірно та експериментально не доведено.

Отже, важливим питанням утримання темпів селекції при використанні методу гаплоїдії, оптимальна організація усіх ланок створення, оцінки і впровадження селекційного продукту, яка дозволить реально скоротити час на синтез комерційних гібридів кукурудзи.

Мета. Дослідження спрямоване на оптимізацію процесу отримання і вивчення подвійних гаплоїдів кукурудзи за морфологічними ознаками, комбінаційною здатністю за врожайністю зерна у гетерозисній селекції. Виявлення перспективних шляхів прискорення синтезу високоврожайних гібридів, придатних для поширення в Україні.

Матеріали та методи. Польові дослідження заклали в спеціальних сівозмінках на експериментальній базі Державної установи Інститут зернових культур НААН. Розсадник випробування у трипільній: «горох–озимий ячмінь–кукурудза». Товщина гумусового горизонту становить 40 см, а вміст гумусу в орному шарі за полями і роками коливався від 4,08 до 4,45%. За багаторічними даними Дніпропетровського регіонального ЦГМ, середня річна температура повітря Дніпровського району 9,5 °С. Кількість опадів за рік коливається в межах 490–530 мм та тривалість без морозного періоду 165–170 діб.

Погодні умови років досліджень (2022–2025 рр.) аналізували з квітня по вересень, виходячи з тривалості вегетації від сівби до збирання цієї культури. Оптимальні строки сівби для кукурудзи у цьому регіоні третя декада квітня – перша травня. Конкурсне випробування висіли 15.05.2022 р., 12.05.2023 р., 11.05.2024 р. та

19.05.2025 р., збирання проводили 17–18.10.2022, 30.09–01.10.2023, 27.09.2024 р. та 28–29.09.2025 р. Розмір ділянок у конкурсному розсаднику становив 9,8 м², повторність трикратна. Середня температура повітря у роки досліджень за вегетаційний період була вища за норму на 0,2; 0,9; 3,2; 0,9 °С, відповідно при середній багаторічній 18,0 °С. Утім, кількість опадів була меншою на 62,9; 40,6; 175,2 та 165,5 мм за середню багаторічну (288 мм). Тобто можна констатувати, що роки досліджень були посушливі і спекотні зі значним недобором опадів, але 2022, 2023 і 2024 рр., завдяки сприятливому їх розподілу виявились достатньо продуктивними в конкурсному випробуванні врожайність зерна становила в середньому 6,6, 8,86 і 6,00 т/га, відповідно. Проте, 2025 р. характеризувався як екстремально посушливий, а середня врожайність конкурсного випробування була найменша за всю історію спостережень – 1,50 т/га. Тому до аналізу врожайності зерна гібридів кукурудзи 2025 р. не залучався через нівелюючий фон року.

Агротехнічні заходи проводили згідно загальноприйнятої методики [21]. Догляд за посівами включав до сходове боронування та міжрядну культивування, застосовували ґрунтовий гербіцид Загрей (4,5 л/га). Густота стояння рослин кукурудзи у конкурсному розсаднику 60 тис. рослин на га.

Загальну статистичну обробку експериментальних даних проводили за Л.О. Атраментової [22, 23]; варіювання селекційних ознак ліній визначали за «Визначником морфологічних ознак сортів кукурудзи (*Zea mays* L.)» та «Класифікатором-довідником виду *Zea mays* L.» [24, 25]. Математичні та статистичні розрахунки виконували на персональному комп'ютері з використанням спеціальних прикладних програм Microsoft Office Excel.

Результати досліджень. Впровадження методу гаплоїдії в Україні відбувається повільно і фактично єдина селекційна установа ДУ ІЗК НААН має реальні результати і комерціалізацію цього продукту. Утім, у світі цей метод стає головним, та створює ринок відповідних послуг у створенні вихідного матеріалу. Завдяки тривалій роботі селекційною групою інституту сформовано робочу колекцію подвійних гаплоїдів яка в останні роки щорічно складає 450–700 ділянок селекційного розсадника, де відбувається оцінка і добір кращих зразків. Колекція постійно оновлюється і поповнюється. Метод гаплоїдії та інбридинг перетинаються у програмах селекції кукурудзи ДУ ІЗК НААН і вже є лінії які створені на базі подвійних гаплоїдів через інбридинг. Тобто ці методи разом спрямовані на отриманні вихідного матеріалу і доповнюють одне одного. На сьогодні зареєстровано 7 гібридів кукурудзи до складу яких входили подвійні гаплоїди: ДН Аджамка, ДН Булат, ДН Віта, ДБ Варта, ДН Славиця, ДЗ Спалах і ДН Ейрена та передано ще 5 [18, 19].

Остаточна оцінка кращих гібридів з використанням подвійних гаплоїдів відбувається у конкурсному випробуванні, а первинна починається з контрольного розсадника (1–2 роки) і попереднього випробування (1–2 роки). Всього у конкурсному випробуванні протягом 2022–2025 рр. вивчалися від 678 до 812 гібридів різних

груп стиглості серед яких були представлені гібриди, що містили у складі подвійні гаплоїди від 71 до 76 зразків, тобто 8,7–10,9 %, від загальної кількості (табл. 1).

Найбільша частота гібридів з подвійними гаплоїдами виявлена у середньостиглій групі стиглості, кількість яких коливалась від 11,0 до 18,0%, найменша у середньопізній від 1 до 5 гібридів. Відповідна особливість пов'язана передусім з успіхами у створенні такого матеріалу плазми Ланкастер[20], яка є основною гетерозисною групою для середньоранніх і середньопізніх гібридів. Слід відмітити, що у 2024–2025 рр. значно збільшилось кількість гібридів на базі подвійно-гаплоїдних ліній у ранньостиглій групі, які відповідно становили 21,4 і 25,4%. Збільшення зразків, які отримані методом гаплоїдії у цій групі пояснюється через використання нового матеріалу змішаної плазми через залучення ранньостиглих комерційних гібридів. Завдяки чому отримані подвійні гаплоїди ДКД99113СЗМ і ДКД9175МВСВ. Тобто селекційні програми з використанням методу гаплоїдії отримали значний розвиток у ДУ ІЗК НААН, але нажалі їхній обсяг і темпи ще не відповідають європейської і американської практики при створенні гібридів кукурудзи.

Аналіз врожайності зерна гібридів конкурсного випробування показав, що середні показники як за групами стиглості, так і середні загалом по виборці мали кращі показники за середню врожайність зерна гібридів на базі подвійних гаплоїдів (табл. 2).

Загалом гібриди з використання подвійних гаплоїдів показали нижчу врожайність у 2022 р. на 0,08 т/га, а за групами спостерігалось коливання 0,10; 0,29; 0,19; 0,08 т/га. У більш сприятливий 2023 р. відповідна різниця збільшилась до 0,29 т/га та за групами 0,15; 0,40; 0,40; 0,52 т/га. Утім, у стресовий 2024 р. загальна середня була більша на 0,23 т/га, а за групами навіть спостерігались кращі показники для гібридів на базі подвійних

гаплоїдів для ранньостиглої на 0,05 т/га, а для середньоранньої – 0,16 т/га. Проте, у середньостиглій і середньопізній групах середня врожайність таких гібридів була меншою на 0,18 і 1,24 т/га, відповідно.

Поясненням низької врожайності гібридів кукурудзи створених на базі подвійних гаплоїдів може бути декілька. По-перше, недостатня попередня оцінка такого вихідного матеріалу, а зазвичай такі зразки попадають у конкурсне випробування раніше ніж гібриди з інбредними лініями, що викликано тривалою гомозиготизацією і різними додатковими оцінками. По-друге, у конкурсному випробуванні ще не сформовано переважного пулу гібридів з подвійними гаплоїдами, що не забезпечує достовірного порівняння і конкурентного добору зі зразками, що містять інбредні лінії. Отже, сформоване різноманіття подвійних гаплоїдів у селекційній програмі ДУ ІЗК НААН потребує подальшого розвитку щодо визначення базових пріоритетів у створенні вихідного матеріалу.

За результатами досліджень конкурсного випробування у 2023 і 2024 рр. виділено 12 гібридів кукурудзи створених на базі подвійних гаплоїдів, що виявили найкращі показники за врожайністю зерна (табл. 3). Слід зазначити, що серед представлених гібридів два створені виключно на базі подвійних гаплоїдів ДКД3023МВ×ДКД5171СВЗМ і ДКД3976М×ДКД3023МВ (ДН Ейрена). Загалом, усі виділені гібриди кукурудзи належали до середньостиглої групи, окрім ранньостиглого (ДК7443М×ДК7455СВЗМ)×ДКД9911 3СЗМ і середньораннього ДК3938МВ×ДКД9175МВСВ.

Порівняння із середньостиглим стандартом ДН Сармат у сприятливому 2023 р. виявило 4 комбінації, які достовірно були кращими на 0,46–0,73 т/га. У більш стресовий 2024 р. таких комбінацій виявилось 7 – на 0,47–1,02 т/га. Утім, ранньостиглий гібрид (ДК7443М × ДК7455СВЗМ) × ДКД9911 3СЗМ показав достовірно кращі

Таблиця 1

Використання подвійних гаплоїдів у гібридах кукурудзи конкурсного випробування ДУ ІЗК НААН

Група стиглості	2022 р.		2023 р.		2024 р.		2025 р.	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Ранньостиглі	88	11	82	7	84	18	118	30
Середньоранні	201	15	258	15	316	13	302	9
Середньостиглі	393	43	267	48	354	39	272	32
Середньопізні	69	5	71	4	59	1	70	5
Всього	751	74	678	74	812	71	762	76

Примітка: 1 – загальна кількість гібридів, шт.; 2 – кількість гібридів з використанням подвійних гаплоїдів, шт.

Таблиця 2

Середня врожайність зерна гібридів кукурудзи у порівнянні зі зразками, що містять подвійні гаплоїди, т/га

Група стиглості	2022 р.		2023 р.		2024 р.	
	1	2	1	2	1	2
Ранньостиглі	6,45	6,35	8,86	8,71	6,32	6,37
Середньоранні	6,59	6,30	8,61	8,21	6,20	6,36
Середньостиглі	6,54	6,35	8,99	8,59	5,75	5,57
Середньопізні	7,15	7,07	9,31	8,79	6,02	4,78
Всього	6,60	6,52	8,86	8,57	6,00	5,77
Довірчий інтервал $\pm t_{s(x)}$	0,06	0,20	0,07	0,23	0,06	0,21

Примітка: 1 – урожайність зерна за групами; 2 – урожайність зерна гібридів, що містять подвійні гаплоїди.

Таблиця 3

Урожайність кращих гібридів кукурудзи конкурсного випробування, що створені на базі подвійних гаплоїдів

		2023 р.		2024 р.		Середнє	
		1	2	1	2	1	2
1	ДК2663С × ДКД5171СВ3М	10,35	15,0	6,52	6,9	8,44	10,9
2	(ДК2966С × ДКД3023МВ) × ДК7444СВ3М	10,29	15,0	6,41	9,2	8,35	12,1
3	ДК7744СВ3М × ДКД3074МВ	10,56	14,2	5,85	8,4	8,20	11,3
4	(ДК2966С × ДКД3023МВ) × ДКД3976СВ3М	9,87	14,0	6,49	8,8	8,18	11,4
5	(ДК3636М × ДК3643СВ3М) × ДКД3074МВ	10,38	13,4	5,87	9,0	8,12	11,2
6	(ДК4315М × ДКД3153СВ3М) × ДК3060МВ	9,31	11,3	6,71	9,1	8,01	10,2
7	(ДКД3153М × ДК3511СВ3М) × ДК3060МВ	8,99	12,6	6,64	8,3	7,81	10,4
8	(ДК7443М × ДК7455СВ3М) × ДКД99113С3М	8,80	9,9	6,81	9,1	7,81	9,5
9	ДКД3023МВ × ДКД5171СВ3М	8,63	13,7	6,04	6,9	7,33	10,3
10	ДК3773М × ДКД3023МВ	8,59	17,1	5,97	9,7	7,28	13,4
11	ДК3938МВ × ДКД9175МВСВ	7,39	9,7	6,60	8,7	7,00	9,2
12	ДКД3976М × ДКД3023МВ (ДН Ейрена)	7,60	13,9	5,77	7,3	6,69	10,6
	ДБ Тирас стандарт	8,36	9,0	6,35	10,5	7,36	9,8
	ДБ Хотин стандарт	8,57	13,1	6,44	9,2	7,51	11,2
	ДН Сармат стандарт	9,83	16,0	5,50	10,5	7,67	13,3
	НІР0,05	0,45	0,7	0,38	0,4	-	-

Примітка: 1 – урожайність зерна, т/га; 2 – вологість зерна під час збирання, %

показники за врожайністю зерна у 2024 р. на 0,46 т/га, а середньоранній у цей ж рік ДК3938МВ×ДКД9175МВСВ дорівнював стандарту ДБ Хотин. За вологістю зерна під час збирання виділена вибірка, в основному, мала нижчі показники або була близькою стандартам. Слід зазначити, у стресовий 2024 р. скоростиглі генотипи мали перевагу за врожайністю зерна, як більш ощадні щодо використання вологи. Відповідна тенденція залишалася і по стандартам, середньостиглий гібрид ДН Сармат мав найнижчу врожайність зерна у 2024 р. (5,50 т/га), а у 2023 р. – найбільшу (9,83 т/га).

Висновки. Метод гаплоїдії у селекційній програмі ДУ ІЗК НААН став базовим інструментом синтезу нового вихідного матеріалу. Кількість гібридів які містять подвійні гаплоїди у конкурсному випробуванні за роки досліджень складала від 8,7 до 10,9 % та висвітлює відповідну частку в селекційному процесі програми інституту. Утім, швидке отримання значної кількості гомозиготних ліній (подвійних гаплоїдів) створює проблеми якісної оцінки нових зразків. Дані конкурсного випробування визначили нижчу конкурентну здатність гібридів створених із залученням подвійних гаплоїдів, зокрема через меншу середню врожайність зерна на 0,08–0,29 т/га за роками досліджень. Аналіз вибірки кращих гібридів кукурудзи з подвійних гаплоїдів конкурсного випробування виявив комбінації які достовірно перевищували стандарти за групами стиглості у сприятливий 2023 р. – 4, а стресових 2024 р. – 8. Отже, результативність методу гаплоїдії у гетерозисній селекції залежить від створення відповідної методології широкого оцінювання подвійних гаплоїдів яка б не гальмувала селекційний процес і не втрачала темпи запланованого прискорення у синтезі вихідного матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Інноваційні підходи у створенні, адаптації та оцінці вихідного матеріалу кукурудзи на стрес толерантність : видання друге, доопрацьоване і доповнене / Б.В. Дзюбецький, В.Ю. Черчель, А.В. Алдошин, Н.А. Боденко. Вінниця : ТОВ «Твори», 2026. 52 с. <https://doi.org/10.31867/2026.03.12.01-52/022>.
- Черчель В. Ю., Стасів О. Ф. Філософія української селекції кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2020. № 23(438). С. 30-34.
- Dziubetskyi B.V., Bodenko N.A., Cherchel V.Yu., Stasiv O.F., Denysiuk K.V., Satarova T. M. Standard method in production of maize inbreds of Lancaster germplasm. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10(6). P. 88–93. https://doi.org/10.15421/2020_263.
- Методологія створення вихідного матеріалу кукурудзи та синтезу гібридів (ФАО 150–300) різних напрямків використання для умов всіх ґрунтово-кліматичних зон України : вид. друге, доопр. і допов. / Б.В.Дзюбецький, В.Ю.Черчель, А.В.Алдошин, Н.А.Боденко. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. 98 с. <https://doi.org/10.31867/978-617-554-366-5/01>.
- Chase S.S. The monoploid method of developing inbred lines. *Proc. 6 Annual Hybrid Corn Industry Research Conf.* 1951. P.29–34.
- Chase S.S. Monoploids and monoploid derivatives of maize (*Zea mays* L.). *Bot. Rev.* 1969. Vol. 35. № 2. P. 117–168.
- Дзюбецький Б.В., Черчель В.Ю., Сатарова Т.М. Прискорення отримання гомозиготних ліній методом генетичного маркування. *Таврійський науковий вісник*. 2004. № 30. С. 24–31.
- Комбінований метод створення самозапилених ліній кукурудзи : науково-методичні вказівки / Б. В. Дзюбецький, М. М. Федько, Н.А. Боденко та ін. Дніпро: Державна установа Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2015. 26 с.

9. Prasanna B.M., Chaikam V., Mahuku G. Doubled haploid technology in maize breeding: Theory and practice. Mexico, CIMMYT, DF, 2012. P. 312–320.
10. Chen Y., Chao Q., Tan G. Identification and fine-mapping of a major QTL conferring resistance against head smut in maize. *Theor Appl Genet.* 2008. № 117(8). P. 1241–1252. DOI:10.1007/s00122-008-0858-4
11. Rotarencu V., Chalyk S., Eder J. Utilizzazione di piante aploidi di mais in una procedura di selezione ricorrente. *Genetics and Breeding.* 2004. V. 58. P. 61–72.
12. Gallais A., Bordes J. The use of doubled haploids in recurrent selection and hybrid development in maize. *Crop Sci.* 2007. Vol. 47. P. 190–201.
13. Рябченко Е. М. Селекційна цінність подвійно-гаплоїдних ліній кукурудзи (*Zea mays* L.) генетичної плазми Ланкастер. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2013. № 5. С. 120–124.
14. Denysiuk K. V., Satarova T. M., Cherchel V. Y., Dziubetskyi B. V., Soudek P., Kruhlova M. O. Analysis of DNA single-nucleotide polymorphism in maize inbreds with different degrees of sensitivity to head smut (*Sporisorium reilianum*). *Agricultural Science and Practice.* 2025. № 12(1). P. 63–72. <https://doi.org/10.15407/agrisp12.01.063>.
15. Coe E.H. A line of maize with high haploid frequency. *Am. Nat.* 1959. Vol.93. P.381–382.
16. Sarkar K.R. Genetic selection techniques for the production of haploids in plants. Haploids in higher plants. *Advances and potential : Proc. 1st Int. Symp.* Guelph, Canada, 1974. P. 33–42.
17. Zabirowa E. R. Line 613/2 as a source of a high frequency of spontaneous diploidization in corn. *Maize Genet. Coop. Newslet. Columbia. Missouri.* 1993. № 67. P. 67.
18. Tyrnov V.S. The occurrence of matroclinal haploids among lines of haploid origin produced with use of pollen haploinductors. *Maize Genet. Coop. Newslet. Columbia. Missouri.* 2005. №79. P.42.
19. Черчель В. Ю., Костенко В. В. Подвійно-гаплоїдні лінії плазми Айодент у гетерозисній селекції кукурудзи. *Зернові культури.* 2025. Т. 9. № 1. С. 14–22. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0356>
20. Каталог гібридів кукурудзи ДУ Інститут зернових культур НААН України: науково-методичні рекомендації / підгот. : В. Ю. Черчель, Б. В. Дзюбецький, М. Я. Кирпа та ін. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2025. 70 с.
21. Костенко В. В. Характеристика подвійно-гаплоїдних ліній кукурудзи плазми Ланкастер за основними господарсько-цінними ознаками. *Зернові культури.* 2026. Т. 10. №1. С. 73–82. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0411>.
2. Dziubetskyi, B. V., Bodenko, N. A., Cherchel, V. Yu., Stasiv, O. F., Denysiuk, K. V., & Satarova, T. M. (2020). Standard method in production of maize inbreds of Lancaster germplasm. *Ukrainian Journal of Ecology,* 10(6), 88–93. https://doi.org/10.15421/2020_263 [in Ukrainian].
4. Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Yu., Aldoshyn, A. V., & Bodenko, N. A. (2024). Metodolohiia stvorennia vykhidnoho materialu kukurudzy ta syntezyu hibrydiv (FAO 150–300) riznykh napriamkiv vykorystannia dlia umov vsikh gruntovo-klimatychnykh zon Ukrainy [Methodology for developing maize breeding material and synthesizing hybrids (FAO 150–300) for different uses under all soil and climatic zones of Ukraine]. (2nd ed., rev. & enl.). Odesa: Vydavnychiy Dim "Helvetyka". <https://doi.org/10.31867/978-617-554-366-5/01> [in Ukrainian].
5. Chase, S. S. (1951). The monoploid method of developing inbred lines. *Proceedings of the 6th Annual Hybrid Corn Industry Research Conference,* 29–34.
6. Chase, S. S. (1969). Monoploids and monoploid derivatives of maize (*Zea mays* L.). *The Botanical Review,* 35(2), 117–168.
7. Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Yu., & Satarova, T. M. (2004). Pryskorennia otrymannia homozyhotnykh linii metodom henetychnoho markuvannia [Acceleration of homozygous line production by genetic marking]. *Tavriyskiy Naukovy Visnyk,* 30, 24–31 [in Ukrainian].
8. Dziubetskyi, B. V., Fedko, M. M., & Bodenko, N. A. (2015). Kombinovanyi metod stvorennia samozapylenykh linii kukurudzy [Combined method for developing maize inbred lines]. Dnipro: Derzhavna Ustanova Instytut Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy [in Ukrainian].
9. Prasanna, B.M., Chaikam, V., & Mahuku, G. (2012). Doubled haploid technology in maize breeding: Theory and practice. Mexico, CIMMYT, DF, P. 312–320.
10. Chen, Y., Chao, Q., & Tan, G. (2008). Identification and fine-mapping of a major QTL conferring resistance against head smut in maize. *Theor Appl Genet,* 117(8), 1241–1252. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0858-4>.
11. Rotarencu, V., Chalyk, S., & Eder, J. (2004). Utilizzazione di piante aploidi di mais in una procedura di selezione ricorrente. *Genetics and Breeding,* 58, 61–72.
12. Gallais, A., & Bordes, J. (2007). The use of doubled haploids in recurrent selection and hybrid development in maize. *Crop Sci.,* 47, 190–201.
13. Riabchenko, E. M. (2013). Selektiina tsinnist podviino-haploidnykh linii kukurudzy (*Zea mays* L.) henetychnoi plazmy Lancaster [Breeding value of doubled haploid maize (*Zea mays* L.) lines of Lancaster germplasm]. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy,* 5, 120–124 [in Ukrainian].
14. Denysiuk, K. V., Satarova, T. M., Cherchel, V. Y., Dziubetskyi, B. V., Soudek, P., & Kruhlova, M. O. (2025). Analysis of DNA single-nucleotide polymorphism in maize inbreds with different degrees of sensitivity to head smut (*Sporisorium reilianum*). *Agricultural Science and Practice,* 12(1), 63–72. <https://doi.org/10.15407/agrisp12.01.063>
15. Coe, E. H. (1959). A line of maize with high haploid frequency. *The American Naturalist,* 93, 381–382.
16. Sarkar, K. R. (1974). Genetic selection techniques for the production of haploids in plants. In *Haploids in Higher Plants: Advances and Potential. Proceedings of the First International Symposium,* 33–42.

REFERENCES:

1. Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Yu., Aldoshyn, A. V., & Bodenko, N. A., (2026). Innovatsiini pidkhody u stvorenni, adaptatsii ta otsinti vykhidnoho materialu kukurudzy na stres tolerantnist [Innovative approaches to the creation, adaptation and evaluation of maize breeding material for stress tolerance]. (2nd ed., rev. & enl.). TOV "Tvory". <https://doi.org/10.31867/2026.03.12.01-52/022> [in Ukrainian].
2. Cherchel, V. Yu., & Stasiv, O. F. (2020). Filosofiia ukrainskoi seleksii kukurudzy [The philosophy of Ukrainian maize breeding]. *Ahrobiznes Sohodni,* 23(438), 30–34 [in Ukrainian].

17. Zabirowa, E. R. (1993). Line 613/2 as a source of a high frequency of spontaneous diploidization in corn. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 67, 67.
18. Tymov, V. S. (2005). The occurrence of matroclinal haploids among lines of haploid origin produced with use of pollen haploinductors. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 79, 42.
19. Cherchel, V. Yu., & Kostenko, V. V. (2025). Podviino-haploidni linii plazmy lodent u heterozyznii selektsii kukurudzy [Doubled haploid lines of the lodent germplasm in heterotic maize breeding]. *Zernovi Kultury*, 9(1), 14–22. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0356> [in Ukrainian].
20. Cherchel, V. Yu., Dziubetskyi, B. V., & Kyrpa, M. Ya. (2025). Katalog hibrydiv kukurudzy DU Instytut zernovykh kultur NAAN Ukrainy [Catalogue of maize hybrids of the State Institution Institute of Grain Crops of the NAAS of Ukraine]. Odesa: Vydavnychi Dim "Helvetyka" [in Ukrainian].
21. Kostenko, V. V. (2026). Kharakterystyka podviino-haploidnykh linii kukurudzy plazmy Lancaster za osnovnymy hospodarsko-tsinnymy oznakamy [Characteristics of doubled haploid maize lines of Lancaster germplasm according to the main agronomic traits]. *Zernovi Kultury*, 10(1), 73–82. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0411> [in Ukrainian].

Черчель В.Ю., Костенко В.В. Результативність методу гаплоїдії у селекції кукурудзи

Мета. Дослідити ефективність використання методу подвійних гаплоїдів у гетерозисній селекції кукурудзи, оцінити особливості створення, добору та випробування нового вихідного матеріалу, а також визначити перспективи прискорення синтезу високопродуктивних гібридів, адаптованих до умов України. **Методи.** Дослідження проведено у 2022–2025 рр. на експериментальній базі Державної установи Інститут зернових культур НААН. Польові дослідження виконували за загальноприйнятими методиками із триразовою повторністю. Об'єктами досліджень були подвійно-гаплоїдні лінії та створені за їх участю гібриди кукурудзи різних груп стиглості. Оцінювання здійснювали за морфологічними ознаками, врожайністю зерна, комбінаційною здатністю та показниками вологості зерна під час збирання. Статистичну обробку результатів проводили із застосуванням методів варіаційної статистики та програм Microsoft Excel. **Результати.** Встановлено, що метод гаплоїдії став одним із ключових напрямів формування вихідного матеріалу в селекційній програмі. Частка гібридів, створених за участю подвійних гаплоїдів, у конкурсному випробуванні становила 8,7–10,9%. Найбільшу їх кількість виявлено у середньостиглій групі, тоді як у ранньостиглій простежено тенденцію до зростання завдяки використанню нового селекційного матеріалу змішаних геноплазм. У середньому гібриди на базі подвійних гаплоїдів поступалися загальній вибірці за врожайністю на 0,08–0,29 т/га, що пов'язано з недостатньою попередньою оцінкою нового вихідного матеріалу. Водночас у конкурсному випробуванні виділено низку гібридів, які достовірно перевищували стандарти за врожайністю, особливо в умовах стресового 2024 року, що підтверджує високий потенціал окремих подвійно-гаплоїдних

ліній. **Висновки.** Метод подвійних гаплоїдів забезпечує суттєве скорочення термінів отримання гомозиготного вихідного матеріалу та розширює можливості гетерозисної селекції кукурудзи. Водночас ефективність його практичного використання значною мірою залежить від удосконалення системи комплексної оцінки новостворених ліній і оптимізації селекційного процесу. Розроблення методології прискореного оцінювання подвійних гаплоїдів сприятиме підвищенню результативності селекційних програм і створенню конкурентоспроможних високоврожайних гібридів кукурудзи.

Ключові слова: кукурудза, селекція, метод гаплоїдії, подвійний гаплоїд, гібрид, урожайність зерна, конкурсне випробування.

Cherchel V.Yu., Kostenko V.V. The effectiveness of the haploidy method in corn breeding

Purpose. To evaluate the effectiveness of the doubled haploid (DH) method in maize heterosis breeding, to investigate the features of developing, selecting, and testing new breeding material, and to identify promising approaches for accelerating the development of high-yielding hybrids adapted to the environmental conditions of Ukraine. **Methods.** The research was conducted during 2022–2025 at the experimental station of the State Institution Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Field experiments were carried out using standard agronomic and breeding methodologies with three replications. The study involved doubled haploid lines and maize hybrids of different maturity groups developed with their participation. The breeding material was evaluated for morphological traits, grain yield, combining ability, and grain moisture at harvest. Statistical analyses were performed using methods of variation statistics and Microsoft Excel software. **Results.** The study demonstrated that the doubled haploid method has become one of the principal approaches for developing source breeding material within the breeding program. The proportion of hybrids developed using doubled haploid lines in competitive variety trials ranged from 8.7% to 10.9%. The highest proportion was observed in the mid-maturity group, whereas the early-maturity group showed a steady increase due to the incorporation of new breeding material from mixed germplasm. On average, hybrids developed from doubled haploid lines yielded 0.08–0.29 t ha⁻¹ less than the overall trial mean, primarily because of the insufficient preliminary evaluation of newly developed breeding material. At the same time, several hybrids significantly outperformed the commercial standards in grain yield, particularly under the stressful environmental conditions of 2024, confirming the high breeding potential of individual doubled haploid lines. **Conclusions.** The doubled haploid method substantially reduces the time required to obtain completely homozygous breeding material and significantly expands the opportunities for maize heterosis breeding. However, its practical efficiency largely depends on improving the comprehensive evaluation system for newly developed lines and optimizing the breeding process. The development of an accelerated methodology for assessing doubled haploid lines will enhance the efficiency of breeding programs and facilitate the creation of competitive, high-yielding maize hybrids.

Key words: maize, breeding, haploidy method, doubled haploid, hybrid, grain yield, competitive trial.

Дата першого надходження статті до видання: 10.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СІРКОВІСНИХ БІОПРЕПАРАТІВ У СУЧАСНОМУ АГРОВИРОБНИЦТВІ

ШИЯН А.В. – аспірант

orcid.org/0009-0001-6093-2446

Національний університет «Львівська політехніка»

МОНЬКА Н.Я. – кандидат хімічних наук, доцент

orcid.org/0000-0002-6084-7671

Національний університет «Львівська політехніка»

Постановка проблеми. Сірка є важливим елементом для рослин, оскільки входить до складу амінокислот (метіоніну, цистеїну), вітамінів, глутатіону, коензиму А та інших сполук. Вона бере участь в утворенні дисульфідних зв'язків, регуляції білків і ферментів, а також забезпечує захист клітин від окисного пошкодження. Дефіцит сірки призводить до низької якості та врожайності сільськогосподарських культур. На жаль, дефіцит сірки став більш поширеним в останні роки через зменшення надходження сірки з атмосфери. Зниження промислових викидів унаслідок екологічного регулювання призвело до меншого надходження сірки в ґрунт. Також до причин належать широке використання безсіркових або низьосіркових добрив і пестицидів та інтенсивне вирощування високоврожайних культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кілька досліджень показують, що дефіцит сірки впливає на біомасу, загальну морфологію, врожайність та поживну цінність рослин. Наприклад, у *Eruca sativa* L. (рукола) дефіцит сірки призводить до зміни виробництва біомаси та синтезу хлорофілу. Дослідження також показали вплив добавок сірки на врожайність зерна та вихід білка агрономічно важливих культур. Відомо, що існує ряд ґрунтових грибів, таких як арбускулярні мікоризні гриби (АМФ), які колонізують корені рослин і покращують доступність і засвоєння сірки в ґрунті.

Незважаючи на доведену ефективність мікробної мобілізації мікроелементів, комплексний вплив поєднання мікроорганізмів та елементарної сірки на економічну стабільність агропідприємств та макроекономічні біотехнологічні перспективи потребує подальшого систематичного висвітлення.

Метою дослідження є комплексний аналіз економічних та екологічних аспектів використання сірковмісних біопрепаратів у сучасному агровиробництві, а також оцінка їхнього впливу на біоре mediaцію ґрунтів та формування нових джерел харчового білка.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконано на основі аналізу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій, присвячених випуску сірковмісних біопрепаратів в агровиробництві. Вивчення потенціалу біоре mediaції здійснювалося шляхом аналізу фізіолого-біохімічних механізмів взаємодії досліджуваних

мікробів із організованими обґрунтуваннями та їх впливу на стресостійкість сільськогосподарських культур в умовах абіотичного та біотичного стресу. Синергетичний ефект сіркоокиснювальних мікроорганізмів у поєднанні з азотними добривами оцінюється з позицій оптимізації внутрішнього живлення рослин.

Інноваційний напрям дослідження передбачав аналіз науково-технічних перспектив використання сіркоокиснювальних бактерій як біотехнологічної основи для виробництва альтернативного харчового білка з урахуванням актуальних даних щодо ефективності відповідних біотехнологічних процесів.

Результати досліджень. Сірка є важливим елементом для рослин, оскільки входить до складу амінокислот (метіоніну, цистеїну), вітамінів, глутатіону, коензиму А та інших сполук. Вона бере участь в утворенні дисульфідних зв'язків, регуляції білків і ферментів, а також забезпечує захист клітин від окисного пошкодження та є необхідною для росту, розвитку та фізіологічних процесів рослин. Потреба в ній залежить від виду рослини та стадії розвитку, особливо зростаючи під час вегетативного росту й формування насіння. Сполуки, що містять сірку, беруть участь у фотосинтезі, енергетичному обміні та метаболічних реакціях.

Основним джерелом сірки для рослин є неорганічний сульфат (SO_4^{2-}), який поглинається та транспортується спеціальними транспортерами. Асиміляція сульфату переважно відбувається в хлоропластах молодого листя, де синтезується цистеїн, хоча цей процес можливий також у коренях і насінні. Крім того, сірка бере участь у регуляції стійкості рослин до біотичних та абіотичних стресів.

У ґрунті сірка міститься переважно в органічній речовині, яка становить близько 95% її загального вмісту. Під час розкладання органічної речовини сірка мінералізується до сульфату (SO_4^{2-}), доступного для рослин.

Джерелом сірки також є ґрунтові мінерали, під час вивітрювання яких утворюються сульфати. Крім того, сірка надходить у ґрунт із атмосфери у вигляді діоксиду сірки (SO_2), що утворюється під час спалювання палива та потрапляє з дощовою водою. Значна кількість сірки можуть надходити з пестицидами та мінеральними добривами.



Також, якщо розглядати дефіцит сірки, то він призводить до низької якості та врожайності сільськогосподарських культур. Незначний дефіцит сірки може мати незначний вплив на врожайність, але суттєвий вплив на якість. Таким чином, у ґрунті, що обмежує вміст сірки, синтезуються білки з низьким вмістом сірки, такі як омега-гліадин та високомолекулярні субодиниці глютеніну, за рахунок багатих на сірку білків пшениці.

Дефіцит сульфату призводить до зниження синтезу ферменту *Rubisco* (рибулозо-1,5-біфосфаткарбоксилази/оксигенази), який впливає на швидкість засвоєння CO_2 , що зрештою призводить до уповільненого синтезу вуглеводів і викликає хлороз молодого листя. Кілька досліджень показують, що дефіцит сірки впливає на біомасу, загальну морфологію, врожайність та поживну цінність рослин. Наприклад, у *Eruca sativa L.* (рукола) дефіцит сірки призводить до зміни виробництва біомаси та синтезу хлорофілу.

Крім того, дослідження показали вплив добавок сірки на врожайність зерна та вихід білка агрономічно важливих культур. Середній вихід білка різних сортів збільшився з 0,018 до 0,024 кг/м², а середній вихід зерна – з 0,20 до 0,29 кг/м².

Та, на жаль, дефіцит сірки став більш поширеним в останні роки через зменшення надходження сірки з атмосфери. Зниження промислових викидів унаслідок екологічного регулювання призвело до меншого надходження сірки в ґрунт. Також до причин належать широке використання безсіркових або низькосіркових добрив і пестицидів та інтенсивне вирощування високоврожайних культур. Зменшення концентрації SO_2 в атмосфері також вплинуло на баланс сірки в агроєкосистемах.

Не варто забувати, що важливу роль відіграють ґрунтові фактори: основним джерелом сірки є органічна речовина, тому низький її вміст у ґрунті призводить до дефіциту. Сірка стає доступною для рослин через мінералізацію, яку здійснюють мікроорганізми, і цей процес залежить від температури та вологості ґрунту. За несприятливих умов мікробна активність знижується, що зменшує доступність сірки [1].

Існує ряд ґрунтових грибів, таких як арбускулярні мікоризні гриби (АМФ) – це гриби, які колонізують корені рослин. Вони утворюють арбускули, везикули та гіфи всередині кореня, а також розростаються в ґрунті (ризосфері). Завдяки цьому АМФ покращують поглинання води та мінеральних елементів і діють як природне біодобриво. До грибів, які опосередковано або прямо покращують доступність і засвоєння сірки в ґрунті, належать ендоефітні гриби (*Serendipita indica*), ектомікоризні гриби (роди *Pisolithus*, *Hebeloma*, *Suillus*) та сапротрофні гриби (*Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*), які беруть участь у мінералізації органічної сірки та покращенні живлення рослин. Саме здатність цих сапротрофних грибів до мінералізації органічної сірки лежить в основі розробки сучасних біопрепаратів, що дозволяють ефективніше використовувати природний потенціал ґрунту.

АМФ формують симбіоз із різними групами рослин (покритонасінні, голонасінні, тощо). Вони мають внутрішньокореневі та зовнішні гіфи: внутрішні забезпечують розвиток гриба в тканинах кореня, а зовнішні

відповідають за поглинання поживних речовин, освоєння ґрунту та утворення спор.

Однією з ключових функцій АМФ є покращення засвоєння сірки. Гіфи значно збільшують площу поглинання порівняно з кореневою системою, що дозволяє ефективніше захоплювати сульфат (SO_4^{2-}), особливо в умовах його дефіциту. У зоні навколо кореня формується «зона виснаження» сульфату, яку гіфи АМФ швидко колонізують, забезпечуючи рослину сіркою. АМФ також впливають на експресію транспортерів сульфату в рослині, підвищуючи ефективність його засвоєння.

Важливу роль відіграє взаємодія АМФ із мікроорганізмами ґрунту. На поверхні гіф і в мікоризній зоні виявляють бактерії, які беруть участь у мобілізації органічної сірки. Зокрема, це сульфонат-десульфуризуючі бактерії, наприклад представники родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter* та *Rhodococcus*. Вони здатні розщеплювати органічні сірковмісні сполуки (сульфонати), роблячи сірку доступною для рослин.

Таким чином формується функціональна система «рослина-АМФ-бактерії», яка покращує кругообіг сірки в ґрунті та підвищує ефективність її засвоєння.

Крім того, у мікоризній зоні (гіпосфері) підвищується мікробна активність, що додатково стимулює мобілізацію сірковмісних сполук. Інокуляція АМФ може посилювати розвиток цих мікробних угруповань і, відповідно, покращувати живлення рослин.

Різні мембранні транспортери забезпечують поглинання сульфату рослинами з ґрунту та його внутрішньоклітинний розподіл. Перенесення через плазматичну мембрану відбувається за рахунок протонного градієнта, який підтримується протонною АТФазою, через механізм симпорту $\text{H}^+/\text{SO}_4^{2-}$. Транспорт через тонопласт визначається електрохімічним градієнтом між цитоплазмою і вакуолею.

У хлоропластах перенесення сульфату здійснюється за участі $\text{H}^+/\text{SO}_4^{2-}$ транспортерів внутрішньої мембрани. Основна частина поглинутого сульфату відновлюється до сульфіді та включається в цистеїн – ключову сірковмісну амінокислоту. Процес відбувається переважно в хлоропластах у три етапи: активація сульфату до аденозин-5'-фосфосульфату (APS) за участі АТФ-сульфурилази; відновлення APS до сульфіту (APS-редуктаза, глутатіон); подальше відновлення сульфіту до сульфіді (сульфітредуктаза, ферредоксин).

Сульфід включається в синтез цистеїну через реакцію з О-ацетилсеріном, який утворюється під дією серин-ацетилтрансферази; цей етап пов'язаний із цистеїнсинтазним комплексом.

Синтез цистеїну є важливою точкою зв'язку метаболізму сірки та азоту в рослинах. Регуляція сульфатредукційного шляху значною мірою контролюється активністю APS-редуктази, яка є одним із ключових регуляторних ферментів. Її активність і експресія швидко змінюються у відповідь на дефіцит або надлишок відновлених форм сірки та регулюються такими метаболітами, як цистеїн, глутатіон, сульфід і О-ацетилсерин.

Навіть за умов дефіциту сірки в рослинах може зберігатися певний рівень сірковмісних сполук. Цистеїн є попередником для синтезу метіоніну та інших

сірковмісних амінокислот через шлях транссульфування, а також для утворення глутатіону, фітохелатинів і вторинних метаболітів. Сульфгідрильні групи цистеїну в білках відіграють важливу роль у ферментативному каталізі, формуванні метал-сірчаних кластерів (наприклад, у фередоксинах) та регуляції білків (наприклад, тіоредоксинів) [1].

Сірководокиснювальні бактерії суттєво підвищують стійкість рослин до солі, важких металів і посухи. Наприклад, інокуляція солелюбних галофітів *Halothiobacillus halophilus* подвійно покращує їхні адаптаційні реакції на Cd- та NaCl-стрес: у дослідях довжина стебла зросла в 2 рази, індекс ростової толерантності – у 3 рази, а вміст фотосинтетичних пігментів – на ~20% порівняно з контролем. Під дією сірководокиснювальних мікроорганізмів у рослинах збільшується вміст S та похідних (цистеїн, глутатіон), що стимулює синтез фенольних сполук (фенілпропаноїдів, флавонолів) і проліну, як осмопротекторів. Виявлено також значне зниження перекисного окислення ліпідів (індикатор – малоновий діальдегід) після інокуляції сірководокиснювальних, що свідчить про захист мембран від оксидативного пошкодження [2].

Інокуляція ґрунту елементною сіркою разом із сірководокиснювальними мікроорганізмами сприяє тривалому покращенню ґрунтових властивостей. Біотичний цикл сірки стабілізує агрегати ґрунту, підвищуючи його структуру і водопроникність. Додавання сірчаних мінералів і органічної маси (гній, компост) стимулює вибухове розмноження корисної мікрофлори: зростає частка *Thiobacillus* та споріднених бактерій, а також таксонів-лізаторів складних органіки роду *Pseudoxanthomonas*). Це пришвидшує розклад лігніну/целюлози і стабілізує співвідношення C:N у ґрунті, запобігаючи накопиченню токсичних фенолів гниття. В цілому, сірководокиснювальними мікроорганізмами покращують гумусоутворення, сприяють стабілізації агрегації та кругообігу елементів, що позитивно впливає на родючість. Водночас важливо пам'ятати про конкуренцію: сірководокиснювальні бактерії використовують азот тієї ж форми, що й рослини (часто NH_4^+) і можуть тимчасово імунобілізувати N під час активного окислення великих доз S. Тому в практиці слід узгоджувати строки внесення азоту та сірки, щоб уникнути короточасного дефіциту N через інтенсивну мікробну мінералізацію [3].

Одним з ключових екологічних ефектів сірковмісних препаратів є фітопротекція. Елементна сірка давно відома як природний фунгіцид: розсипна сірка сублімується, виділяючи пару S_2 , які інгібують проростання спор збудників (спори оїдіуму, парші, борошнистої роси, іржі, корневих гнилей тощо) ще до інфікування. Біопрепарати на основі ризобактерій та грибів підсилюють цей ефект: кореневі бактерії конкурентно витісняють патогенів, займаючи екологічну нішу і споживаючи поживні ресурси. Більш того, вони індукують системний імунітет рослини і виділяють у ризосферу власні антимікробні метаболіти – природні антибіотики, сидерофори та літичні ферменти (хітинази, глюканази), що руйнують клітинні стінки грибів.

Таким чином поєднання прямого хімічного (пари сірки) та опосередкованого біологічного ефекту дозволяє значно знизити використання токсичних фунгіцидів у господарстві [4].

Впровадження мікробіологічних технологій вимагає точного математичного та економічного моделювання на рівні окремого агропідприємства. Основний економічний важіль технології полягає в оптимізації засвоєння високовартісних азотних добрив. Відповідно до агрохімічного закону мінімуму Лібіха, азот і сірка діють у жорсткій синергії під час біосинтезу рослинного білка. Оскільки типове фізіологічне співвідношення N:S у рослинних тканинах становить приблизно 15:1, навіть незначний дефіцит сірки блокує метаболізм азоту. У такому випадку внесені фермером дорогі азотні добрива не засвоюються рослиною і перетворюються на фінансовий збиток та екологічний баласт (який згодом вимивається у вигляді нітратів у ґрунтові води або випаровується у вигляді парникового закису азоту).

Використання біодобрив суттєво підвищує загальний коефіцієнт використання мінерального живлення з добрив та ґрунтового пулу. Виробники заявляють, що за умови використання хелатних форм сірки або активної мікробіологічної підтримки рівень засвоєння може сягати 97–99%. В аграрних дослідженнях встановлено чіткі економічні оптимуми внесення комплексів.

При вирощуванні нуту на складних карбонатних ґрунтах досліджувалися різні норми азоту та сірки з сірководокиснювальними мікроорганізмами. Було доведено, що використання надмірних доз азоту без сірки є економічно збитковим. Натомість система удобрення N80+S50 (80 кг/га азоту та 50 кг/га сірки + бактерії) була визнана найбільш раціональною з точки зору економічної ефективності: вона дозволила заощадити значні кошти на азотних добривах при досягненні максимальної фінансової рентабельності від реалізації збільшеного врожаю.

Загалом, доведено, що введення біопрепаратів до технологічної карти дозволяє скоротити використання стандартних мінеральних добрив (N, P, K) на врожаючі 20–40% без жодного зниження планової врожайності. Це вивільняє колосальні оборотні кошти агропідприємств.

Додатковою, не менш важливою статтею економії є зниження витрат на засоби захисту рослин (ЗЗР). Оскільки мікроорганізми та пари елементарної сірки індукують системний імунітет рослин та фізично пригнічують патогени (такі як збудники борошнистої роси, парші чи рослиноїдні павутинні кліщі), господарства можуть безпечно зменшити частоту профілактичних фунгіцидних та акарицидних обробок тракторними обприскувачами. Це не лише економить кошти на купівлі самих пестицидів, але й зменшує витрати на дизельне паливо, амортизацію техніки та оплату праці механізаторів [5].

Український ринок агрохімії та мікробіології швидко адаптується до нових реалій, пропонуючи широкую палітру сірковмісних рішень, що забезпечує необхідну гнучкість у виборі технологій для господарств з різним бюджетом та інтенсивністю виробництва. Комерційні пропозиції чітко сегментуються на три основні категорії.

Таблиця 1

Економічна модель вигоди від впровадження сіркоокиснювальних мікробних комплексів у порівнянні з традиційною технологією

Стаття витрат / доходів агропідприємства	Традиційна хімічна система живлення	Інтегрована мікробіологічна система (Мінеральні добрива + сіркоокиснювальні мікроорганізми)	Економічний результат та ефект (на 1 гектар)
Витрати на азотні добрива	Внесення 100% базової, часто надлишкової норми	Зменшення норми на 20–30% через оптимізацію N:S балансу	Пряма економія фінансів на закупівлі добрив, зберіганні та логістиці.
Витрати на фосфорні добрива	Високі незворотні втрати через фіксацію карбонатами	Локальне підкислення S+SOB мобілізує нерухомий фосфор з ґрунту	Зниження норми внесення комерційних P-добрив на 15–20%.
Витрати на фунгіцидний захист	3–4 обробки поля жорсткими хімічними препаратами	Скорочення на 1–2 обробки (завдяки індукованому імунітету та парам S)	Суттєве зниження сумарних витрат на дорогі ЗЗР, воду та паливно-мастильні матеріали.
Приріст загальної врожайності (напр. Ріпак)	Базовий, середньостатистичний рівень (напр., 2.5 т/га)	+ 47–79% реального приросту маси товарного насіння	Кардинальне збільшення валового доходу від реалізації зібраного врожаю.
Додаткова премія за якість продукції	Стандартні, базові показники олійності/білковості	+ 5–6% олійності (ріпак, соняшник), вищий клас білка	Отримання преміум-ціни від трейдерів за продукцію екстракласу.

Позиціонується як класичне добриво-меліорант (наприклад, продукція ТМ «Агроресурс» чи інші аналоги). Вона вимагає наявності природної ґрунтової мікрофлори для повільного переходу у сульфатну форму. Використовується фермерами переважно для довгострокового вирівнювання і стабілізації рН, особливо під час закладання багаторічних плантацій лохини (де сірка перемішується з торфом безпосередньо у посадковій ямі) та інших кислотолюбних культур. Вона також забезпечує пролонговану фунгіцидну дію навколо кореневої шийки. Заявлений виробниками приріст урожаю за умови правильного внесення становить 30–40% [6].

Хелатні рідкі добрива з високим вмістом сірки – високотехнологічні препарати, розроблені спеціально для швидкого позакореневого (листового) підживлення обприскувачами. Яскравим прикладом є продукт «LF-БІОСІРКА 200», який містить високу концентрацію елементів (200 г/л сірки, 100 г/л азоту та мікродози міді при рН6). Такі продукти забезпечують миттєве зняття гострого дефіциту під час вегетації. Роздрібна ціна на такі препарати коливається орієнтовно на рівні 137 грн за літр, що робить їх економічно привабливими для широкого кола аграріїв, враховуючи високий (до 99%) відсоток засвоєння [7].

Мікробіологічні препарати (інокулянти та біофунгіциди) – продукти, що безпосередньо містять живі мікроорганізми або їхні спори у стабілізованій формі. Інокулянти для обробки насіння або сірковмісні фунгіциди з мікробіологічною дією («Мікротіол Спеціаль», «Кумулюс ДФ», «Тіовіт Джет», вартість яких складає близько 142–157 грн за кілограм). Вони цілеспрямовано формують стійкий ризосферний мікробіом навколо насінини, покращуючи структуру ґрунту, стимулюючи накопичення гумусу, і водночас створюючи нездоланий бар'єр для розвитку патогенних кореневих гнилей [8, 9, 10] (табл. 1).

Окрім традиційного використання в землеробстві, унікальні метаболічні здібності сіркоокиснювальних бактерій відкривають абсолютно нові, несподівані горизонти в біотехнології та харчовій промисловості на макроекономічному рівні. Зважаючи на безперервне зростання чисельності населення планети та загальний соціально-економічний розвиток (покращення стандартів життя в країнах, що розвиваються), глобальний попит на харчовий і кормовий білок прогнозовано зросте на катастрофічні 70% до 2050 року. Недостатнє споживання білка вже сьогодні призводить до білково-енергетичної недостатності у вразливих груп населення (дітей та літніх людей).

Традиційні сільськогосподарські джерела протеїну, такі як соєві боби, стають дедалі вразливішими до непередбачуваних кліматичних аномалій. Показовим є приклад 2023 року, коли Аргентина, один із найбільших світових експортерів сої, постраждала від жорстокої посухи, що призвело до падіння врожайності з гектара на рекордні 37% (найнижчий показник з 2000 року) [11]. Більше того, традиційне виробництво рослинних білків вимагає залучення колосальних площ орних земель (спричиняючи вирубку лісів) та величезних обсягів прісної води.

У цьому глобальному контексті хемолітоавтотрофні сіркоокиснювальні мікроорганізми серйозно розглядаються інвесторами та науковцями як перспективні індустріальні продуценти так званого одноклітинного білка (Single-Cell Protein, SCP).

Висновки. Використовуючи дешеву, відновлену сірку як джерело енергії (яку можна отримувати з промислових відходів), ці бактерії здатні безперервно фіксувати CO₂ у величезних біореакторах. Це створює ідеальну замкнену економіку: відбувається одночасна декарбонізація промислових викидів та синтез бактеріальної біомаси з надзвичайно високим вмістом критично важливої амінокислоти метіоніну. Такий

бактеріальний протеїн може бути використаний як ідеальна, високопоживна добавка до кормів для сільськогосподарських тварин і птиці, кардинально знімаючи навантаження зі світових орних земель. І хоча наразі енергетична ефективність і рентабельність цього промислового процесу дещо поступається виробництву білкової біомаси за допомогою гетеротрофних бактерій та мікроводоростей, подальша метаболічна регуляція та оптимізація біореакторів можуть перетворити сіркоокиснювальні мікроорганізми на фундамент економіки альтернативних білків XXI століття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Narayan O. P., Kumar P., Yadav B., Dua M., Johri A. K. Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*. 2022. Vol. 18, № 1. P. 2030082. <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2030082>
- Koźmińska A., Kamińska I., Hanus-Fajerska E. Sulfur-Oxidizing Bacteria Alleviate Salt and Cadmium Stress in Halophyte *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, № 5. P. 2455. <https://doi.org/10.3390/ijms25052455>
- Maffia A., Scotti R., Wood T., Muscolo A., Lepore A., Acocella E., Celano G. Transforming Agricultural and Sulfur Waste into Fertilizer: Assessing the Short-Term Effects on Microbial Biodiversity via a Metagenomic Approach // *Life*. 2024. Vol. 14, № 12. P. 1633. URL: <https://www.mdpi.com/2075-1729/14/12/1633> (дата звернення: 29.05.2026).
- Sulfur, organic fungus control, but use with caution. *Nature & Garden*: website URL: <https://www.nature-and-garden.com/gardening/sulfur.html> (дата звернення: 29.05.2026).
- Patel K., Kapadia C., Patel N., Patel D., Parmar P.R., Datta R., Alharbi S.A., Ansari M.J.. Effect of supplementing Sulphur-oxidizing bacteria with different Sulphur sources on the growth and development of chickpea (*Cicer arietinum*). *Plant Stress*. 2024. Vol. 12. P. 100433. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100433>
- Агроресурс – Сільгосптехніка. Посівний матеріал. Засоби захисту рослин. *AGRS Group*: вебсайт. URL: <https://www.agrs.group/> (дата звернення: 29.05.2026).
- Купити мікродобриво Біо Сірка 200. Сірчане добриво в Україні: ціна, застосування, опис Агроексперт-Трейд: вебсайт. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/helatnoe-mikroudobrenie-lf-biosera-200> (дата звернення: 29.05.2026).
- Мікротіол Спеціаль. *UPL Україна* : вебсайт. URL: <https://www.uplcorp.com/ua/%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%BE%D0%BB-%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C> (дата звернення: 29.05.2026).
- Кумулюс® ДФ – Аграрні рішення. *BASF Україна* : вебсайт. URL: <https://www.agro.basf.ua/uk/Products/overview/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%B3%D1%96%D1%86%D0%B8%D0%B4%D0%B8/%D0%9A%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8E%D1%81-%D0%94%D0%A4.html> (дата звернення: 29.05.2026).
- Тіовіт Джет® для дач та городів. *Сингента Україна* : вебсайт. URL: <https://www.syngenta.ua/tiovit-dzhet-dlya-dach-ta-gorodiv> (дата звернення: 29.05.2026).
- Zulauf C., Colussi J., Janzen J. An Alternative Look at the 2022–2023 Corn and Soybean Markets: Red Flags Waving. *farmdoc daily*. 2023. URL: <https://farmdocdaily.illinois.edu/2023/06/an-alternative-look-at-the-2022-2023-corn-and-soybean-markets-red-flags-waving.html>
- Li L., Zhao X., Wang L. Sulfur-Oxidizing Bacteria: Potential Contributors to High-Quality Protein Production Coupled with CO₂ Utilization. *Environmental Science & Technology*. 2025. Vol. 59, № 22. P. 10781–10787. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.4c11669>

REFERENCES:

- Narayan, O. P., Kumar, P., Yadav, B., Dua, M., Johri, A. K. (2022). Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 18(1), 2030082. <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2030082>
- Koźmińska, A., Kamińska, I., Hanus-Fajerska, E. (2024). Sulfur-oxidizing bacteria alleviate salt and cadmium stress in halophyte *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(5), 2455. <https://doi.org/10.3390/ijms25052455>
- Maffia, A., Scotti, R., Wood, T., Muscolo, A., Lepore, A., Acocella, E., Celano, G. (2024). Transforming agricultural and sulfur waste into fertilizer: Assessing the short-term effects on microbial biodiversity via a metagenomic approach. *Life*, 14(12), 1633. <https://doi.org/10.3390/life14121633>
- Sulfur, organic fungus control, but use with caution. *Nature & Garden*: website URL: <https://www.nature-and-garden.com/gardening/sulfur.html> (date of inquiry: 29.05.2026).
- Patel, K., Kapadia, C., Patel, N., Patel, D., Parmar, P. R., Datta, R., Alharbi, S. A., Ansari, M. J. (2024). Effect of supplementing sulphur-oxidizing bacteria with different sulphur sources on the growth and development of chickpea (*Cicer arietinum*). *Plant Stress*, 12, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100433>
- AGRS Group.(2026) Ahroresurs – Silhosptekhnika. Posivnyi material. Zasoby zakhystu roslyn [AgroResource – Agricultural Equipment. Seed. Plant Protection Products]. from <https://www.agrs.group/>. Retrieved May 29, 2026. [In Ukrainian].
- Agroexpert-Trade. (2026). Kupyty mikrodobryvo Bio Sirka 200. Sirchane dobrovyo v Ukraini: tsina, zastosuvannia, opys [Buy Bio Sulfur 200 microfertilizer. Sulfur fertilizer in Ukraine: price, uses, description]. <https://agroexp.com.ua/uk/helatnoe-mikroudobrenie-lf-biosera-200>. Retrieved May 29, 2026. [In Ukrainian].
- UPL Ukraina. (2026). Mikrotiol Spetsial [Microtiol Special] URL: <https://www.uplcorp.com/ua/%D0%9E%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%BE%D0%BB-%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C>. Retrieved May 29, 2026. [In Ukrainian].
- BASF Ukraina. (2026). Kumulus® DF [Cumulus® DF.]. URL: <https://www.agro.basf.ua/uk/Products/overview/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%B3%D1%96%D1%86%D0%B8%D0%B4%D0%B8/%D0%9A%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8E%D1%81-%D0%94%D0%A4.html>

- 83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8E%D1%81-%D0%94%D0%A4.html Retrieved May 29, 2026. [In Ukrainian].
10. Syngenta Ukraina. (2026). Tiovit Dzhet® dlia dach ta horodiv [Thiovit Jet® for summer cottages and vegetable gardens]. URL: <https://www.syngenta.ua/tiovit-dzhet-dlya-dach-ta-gorodiv>. Retrieved May 29, 2026. [In Ukrainian].
11. Zulauf, C., Colussi, J., Janzen, J. (2023, June 15). *An alternative look at the 2022–2023 corn and soybean markets: Red flags waving. farmdoc daily*. <https://farmdocdaily.illinois.edu/2023/06/an-alternative-look-at-the-2022-2023-corn-and-soybean-markets-red-flags-waving.html> (date of inquiry: 29.05.2026).
12. Li, L., Zhao, X., Wang, L. (2025). Sulfur-oxidizing bacteria: Potential contributors to high-quality protein production coupled with CO₂ utilization. *Environmental Science & Technology*, 59(22), 10781–10787. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c11669>

Шиян А.В., Монька Н.Я. Економічні та екологічні аспекти використання сірковмісних біопрепаратів у сучасному агропромисловому виробництві

Мета – комплексний аналіз економічних та екологічних аспектів застосування сірковмісних біопрепаратів в агропромисловому виробництві, оцінка їхнього впливу на біоремедіацію ґрунтів і формування нових джерел харчового білка.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконано на основі аналізу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій, присвячених випуску сірковмісних біопрепаратів в агропромисловому виробництві. Вивчення потенціалу біоремедіації здійснювалося шляхом аналізу фізіологічного-біохімічних механізмів взаємодії досліджуваних мікробів із організованими обґрунтуваннями та їх впливу на стресостійкість сільськогосподарських культур в умовах абіотичного та біотичного стресу. Синергетичний ефект сіркоокиснювальних мікроорганізмів у поєднанні з азотними добривами оцінюється з позицій оптимізації внутрішнього живлення рослин.

Інноваційний напрям дослідження передбачав аналіз науково-технічних перспектив використання сіркоокиснювальних бактерій як біотехнологічної основи для виробництва альтернативного харчового білка з урахуванням актуальних даних щодо ефективності відповідних біотехнологічних процесів. **Результати.** Хемолітоавтотрофні сіркоокиснювальні бактерії дедалі більше привертають увагу інвесторів і дослідників як потенційні промислові виробники одноклітинного білка (Single-Cell Protein, SCP). Ці мікроорганізми здатні використовувати відновлену сірку з промислових відходів як джерело енергії та безперервно засвоювати CO₂ у великих біореакторах. Завдяки цьому формується замкнений виробничий цикл: промислові викиди вуглекислого газу утилізуються, а натомість синтезується бактеріальна біомаса з високим вмістом незамінної амінокислоти метіоніну. Отриманий протеїн є цінною кормовою добавкою для тваринництва та птахівництва, що дозволяє суттєво знизити тиск на сільськогосподарські угіддя. **Висновки.** Незважаючи на те, що енергетична ефективність і економічна привабливість даного підходу наразі дещо поступаються традиційним технологіям виробництва білкової біомаси

на основі гетеротрофних бактерій і мікроводоростей, перспективи його розвитку залишаються значними. Вдосконалення метаболічних процесів та оптимізація конструкції біореакторів здатні докорінно змінити ситуацію, перетворивши сіркоокиснювальні мікроорганізми на ключовий елемент індустрії альтернативних білків у найближчі десятиліття.

Ключові слова: сірка, сталий розвиток, сіркоокиснювальні бактерії, агропромисловий виробництво, біопрепарат.

Shyian A.V., Monka N.Ya. Economic and ecological aspects of using sulfur-containing biopreparations in modern agricultural production

Purpose: to conduct a comprehensive analysis of the economic and environmental aspects of using sulphur-containing biological products in agricultural production, and to assess their impact on soil bioremediation and the development of new sources of dietary protein.

Methods. The study was conducted based on the analysis of domestic and foreign scientific publications devoted to the development of sulfur-containing biopreparations for use in agricultural production. The bioremediation potential was examined through an analysis of the physiological and biochemical mechanisms of interaction between the studied microorganisms and contaminated soils, as well as their effect on the stress tolerance of agricultural crops under abiotic and biotic stress conditions. The synergistic effect of sulfur-oxidizing microorganisms in combination with nitrogen fertilizers was evaluated from the perspective of optimizing nutrient uptake in plants.

The innovative direction of the study involved the analysis of scientific and technical prospects for the use of sulfur-oxidizing bacteria as a biotechnological basis for the production of alternative food protein, taking into account current data on the efficiency of the corresponding biotechnological processes.

Results. Chemolithoautotrophic sulphur-oxidising bacteria are attracting increasing attention from investors and researchers as potential industrial producers of single-cell protein (SCP). These microorganisms are capable of utilising reduced sulphur from industrial waste as an energy source and continuously assimilating CO₂ in large bioreactors. This creates a closed production cycle: industrial carbon dioxide emissions are utilised, whilst bacterial biomass with a high content of the essential amino acid methionine is synthesised in return.

The protein obtained is a valuable feed supplement for livestock and poultry farming, which helps to significantly reduce the pressure on agricultural land.

Conclusions. Although the energy efficiency and economic viability of this approach are currently somewhat inferior to traditional technologies for producing protein biomass based on heterotrophic bacteria and microalgae, its prospects for development remain considerable. Improvements to metabolic processes and optimisation of bioreactor design have the potential to radically change the situation, transforming sulphur-oxidising microorganisms into a key element of the alternative protein industry in the coming decades.

Key words: sulphur, sustainable development, sulphur-oxidising bacteria, agricultural production, biological product.

Дата першого надходження статті до видання: 02.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

МОДЕЛЮВАННЯ АГРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИНОГРАДНИКІВ ЗА РІЗНИХ УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДЕЛІ AQUACROP

ШТІРБУ А.В. – доктор філософії

orcid.org/0000-0003-4072-5826

ПАЛАРІЄВ В.О. – здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

(доктор філософії)

orcid.org/0009-0000-7271-0069

ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН

Постановка проблеми. Глобальні кліматичні зміни, що супроводжуються зростанням аридності, підвищенням температурного фону та частішими тривалими посух, становлять серйозну загрозу для сталого функціонування виноградарства в зоні Північного Причорномор'я. В умовах вирощування винограду на богарі (без зрошення) дефіцит вологи є головним лімітуючим чинником, що пригнічує ріст вегетативної маси, обмежує формування асиміляційного апарату та знижує підсумкову продуктивність насаджень.

Для розробки адаптивних елементів агротехніки та збереження продукційного потенціалу виноградників виникає необхідність переходу від емпіричного спостереження до точного розрахунку й прогнозування динаміки вологозабезпечення та фізіологічного стану рослин. Ефективним інструментом для розв'язання цього завдання є застосування математичних моделей, зокрема моделі AquaCrop (FAO), яка базується на моделюванні водного балансу в континуумі «ґрунт–рослина–атмосфера».

Проте застосування AquaCrop у виноградарстві має свою специфіку та невирішені аспекти. Оскільки модель початково створювалася для однорічних польових культур, її використання для багаторічних деревних насаджень вимагає коректного урахування часових меж продуктивного періоду вегетації (від початку росту до господарської стиглості) та специфіки просторової архітектури листового полог. Особливо гостро постає питання параметризації моделі для нових сортів винограду (зокрема сорту Загрей), які мають специфічні морфологічні реакції на водний стрес. Відсутність верифікованих моделей функціонування виноградників за контрастних за вологозабезпеченням років (від помірного до надмірного дефіциту) обмежує можливість точного прогнозування втрат урожаю та оцінки ефективності використання води.

Таким чином, виникає науково-практична потреба в обґрунтуванні входних параметрів та математичному моделюванні агробіологічних процесів винограду за різних умов зволоження для розробки агротехнічних заходів мінімізації впливу посух у регіоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Періодичні посухи, суховітри та зростання аридності клімату в Південному Степу та Північному Причорномор'ї завдають істотних збитків сільськогосподарському

виробництву [1; 2]. В умовах богарного землеробства, де природні опади та ґрунтові запаси є єдиними джерелами покриття транспіраційних потреб агроценозів, оцінка водного режиму та прогнозування продуктивності є ключовими завданнями для забезпечення сталості галузі рослинництва [3]. На тлі глобальних кліматичних змін підвищення ефективності використання води рослинами та збереження продукційного потенціалу культури вимагають глибокого розуміння фізіологічних механізмів адаптації винограду до обмеженого вологозабезпечення [4; 5].

Реакція виноградної лози на дефіцит води супроводжується комплексними фізіологічними перебудовами, серед яких вирішальне значення мають регуляція продихової провідності, обмеження росту асиміляційного апарату та перерозподіл біомаси [6; 7]. Водночас формування врожайності та якості винограду суттєво залежить від початкових запасів продуктивної вологи в ґрунті, накопичених у міжвегетаційний період, що визначає чутливість культури до водного стресу вже на ранніх етапах вегетації [8].

Для науково обґрунтованої оцінки продукційного процесу сільськогосподарських культур в умовах дефіциту води широкого застосування набула математична модель AquaCrop, розроблена FAO [9; 10]. Вона симулює врожайність на основі водного балансу континууму «ґрунт–рослина–атмосфера», інтегруючи кліматичні параметри, гідрофізичні властивості ґрунту, специфічні біологічні характеристики культури та елементи агротехніки [11; 12; 13].

У більшості наявних публікацій щодо застосування AquaCrop у виноградарстві модель використовували переважно для оцінки водоспоживання столового [14] та технічного винограду [15] в умовах штучного зволоження. Натомість особливості симуляції агробіологічних процесів винограду під час вирощування на богарі в умовах природно-кліматичного дефіциту вологи залишаються недостатньо вивченими. Висока чутливість вегетативних і генеративних органів винограду до дефіциту ґрунтової вологи зумовлює необхідність адаптації вхідних блоків AquaCrop для точного відтворення реакцій насаджень у роки з різним рівнем аридності.

Мета. Обґрунтувати особливості перебігу агробіологічних процесів та оцінити продукційний потенціал культури винограду за різних умов вологозабезпечення



шляхом параметризації та застосування моделі AquaCrop в умовах богари Північного Причорномор'я.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконано на базі ННЦ «ІВІВ ім. В.С. Таїрова» (Одеська обл.). Об'єкт досліджень – плодonoсні насадження технічного сорту винограду нового покоління Загрей (пізній строк досягання), що культивується на богарізазагальноприйнятою агротехнікою. Схемасадіння кушів – $3 \times 1,5$ м (щільність 2 222 куш/га). Моделювання агробіологічних процесів та продуктивності винограду виконували за допомогою моделі AquaCrop (v7.1, FAO) на основі чотирьох блоків вхідних даних [9; 13]:

Клімат. Добові агрометеорологічні показники (опадів, T_{max} , T_{min} , еталонна евапотранспірація ET_0 , розрахована за допомогою FAO ET_0 Calculator за вегетаційні періоди 2018 р. (помірний дефіцит вологи, індекс аридності $AI = 0,40$) та 2020 р. (надмірний дефіцит, $AI = 0,21$).

Культура. Вхідні параметри адаптовано за результатами польових спостережень у межах продуктивного періоду вегетації (від початку росту до господарської стиглості). Максимальне покриття пологів (за його горизонтальною проекцією) становило $CC_{max} = 16,5\%$. Біологічні константи моделі: нормована продуктивність води $WP = 17,0$ г/м², індекс врожаю $HI = 50\%$, ефективна глибина кореневої системи – 2,0 м.

Ґрунт. Фізико-гідрологічні характеристики шару 0–100 см (важкий суглинок): середня об'ємна маса – 1,22 г/см³, загальна доступна волога – 152 мм/м. Початкову вологість ґрунту на фазу розпускання бруньок визначали термостатично-ваговим методом.

Управління. У моделі враховано елементи агротехніки, спрямовані на збереження вологи (осінньо-зимовий обробіток, утримання ґрунту під чорним паром).

Результати досліджень. Тривалість продуктивного періоду вегетації для середньопізннього сорту Загрей становила 143 доби. Оцінка агрометеорологічних умов залучених вегетаційних періодів виявила подібну потенційну випаровуваність атмосфери: сумарна еталонна

евапотранспірація (ET_0) досягала 547–552 мм, з добовими коливаннями 1,6–5,7 мм/добу. Загальний обсяг опадів безпосередньо за продуктивний період також виявився подібним – 135–142 мм, з максимальними добовими значеннями 15,9–20,3 мм відповідно.

Проте визначальними у формуванні водного режиму насаджень стали міжвегетаційні опади та температурний фон. У 2018 р. річна сума опадів становила 543 мм, а тепловий ресурс вегетації забезпечував суму ефективних температур 1 767 °С·доба. У 2020 р. річний обсяг опадів зменшився вдвічі – до 271 мм, а сума ефективних температур становила 1 581 °С·доба. Нерівномірний розподіл опадів протягом вегетації 2020 р. у поєднанні з обмеженням осінньо-зимовим вологонакопиченням зумовили формування вираженого водного дефіциту (табл. 1).

Розрахунок доступної для рослин вологи здійснювали для метрового шару ґрунту за показників польової вологості ($FC = 300$ мм/м) та точки в'янення ($WP = 150$ мм/м). На початок продуктивного періоду 2018 р. загальний вміст води у ґрунті (TWC) становив 253 мм, що відповідало близько 70% від загального запасу продуктивної вологи. До моменту збору врожаю TWC знизився до 200 мм, залишаючись вище критичного порогу стресу.

У 2020 р. через брак опадів у міжвегетаційний період початковий запас становив лише 217 мм. Протягом продуктивного періоду, незважаючи на поодинокі опади, ґрунтові запаси вологи поступово виснажувалися до 187 мм на фазу технічної стиглості. Отже, насадження у 2020 р. розпочинали вегетацію в умовах сформованого дефіциту ґрунтової вологи, який утримувався впродовж усього продуктивного періоду.

Рівень вологозабезпечення визначив особливості розвитку асиміляційного апарату та інтенсивність транспірації лози. На початку вегетації проективне покриття пологів (CC) в обидва роки становило 1,6–1,7%. За помірний дефіцит вологи (2018 р.) площа пологів поступово

Таблиця 1

Розрахункові показники моделі AquaCrop за різних умов вологозабезпечення

Показник	Од. вим.	2018 рік (помірний дефіцит)	2020 рік (надмірний дефіцит)
1. Агрометеорологічні показники			
Сума опадів за рік	мм	543	271
Сума опадів за продуктивний період	мм	135	142
Сума ефективних температур	°С·доба	1767	1581
Еталонна евапотранспірація	мм	552	547
2. Показники водного режиму та фізіологічного стану рослин			
Випаровування з поверхні ґрунту	мм	123	138
Сумарна транспірація	мм	122	66
Середній температурний стрес	%	5	16
Середній стрес росту пологів	%	8	83
Середній продиговий стрес	%	9	22
3. Показники продуктивності культури			
Наземна суха біомаса	т/га	5,65	2,96
Індекс урожаю	%	54,7	54,1
Урожай сухої речовини	т/га	3,01	1,60
Продуктивність використання води	кг/м ³	1,26	0,79

зростала до максимального значення $CC_x = 17,0\%$, зберігаючись на рівні $15,7\%$ наприкінці періоду. Фактична транспірація (Tr) коливалася в межах $0,1\text{--}1,5$ мм/добу.

За надмірного дефіциту води (2020 р.) розвиток листової поверхні зазнав істотного пригнічення: CC_x досягло лише $11,8\%$, що на $30,6\%$ нижче за рівень 2018 р., а наприкінці вегетації знизилося до $10,9\%$. Відповідно, інтенсивність транспірації скоротилася до $0,0\text{--}0,9$ мм/добу. Отже, уповільнення приросту листового покриття є ключовою морфофізіологічною адаптацією винограду до посухи, спрямованою на зниження витрат води, що одночасно обмежує фотосинтетичну продуктивність насаджень.

Аналіз структури водоспоживання у 2018 р. засвідчив збалансоване співвідношення між випаровуванням ґрунтом ($E = 123$ мм) та транспірацією рослин ($Tr = 122$ мм). У 2020 р. спостерігалось переважання непродуктивних втрат води: випаровування ґрунтом зросло до 138 мм, тоді як сумарна транспірація скоротилася майже вдвічі – до 66 мм.

Моделний оціночний аналіз зафіксував зростання середнього температурного стресу з 5% (2018 р.) до 16% (2020 р.) та продигового – з 9% до 22% . Найбільш вираженою реакцією стало понад десятиразове збільшення стресу росту пологів – з 8% у 2018 р. до 83% у 2020 р., що підтверджує високу чутливість процесів формування листового апарату до дефіциту доступної води.

Унаслідок обмеження асиміляційної поверхні та транспіраційної активності у 2020 р. відбулося суттєве падіння продуктивності: суха надземна біомаса зменшилася на $47,6\%$, а сухий урожай ягід – на $46,8\%$.

Стабільність індексу урожаю (HI) свідчить про збереження характеру розподілу асимілятів, підтверджуючи, що зниження врожайності зумовлене загальним зменшенням обсягу синтезованої органічної речовини.

Ефективність використання води (WP) знизилася з $1,26$ кг/м³ до $0,79$ кг/м³ або на $37,3\%$. Це підтверджує погіршення продукційної віддачі витраченої води за умов посухи.

Висновки. Моделювання в середовищі AquaCrop підтвердило, що вирішальним чинником продуктивності сорту винограду Загрей за умов богарного вирощування в Північному Причорномор'ї є початкові запаси продуктивної води, сформовані в міжвегетаційний період.

- Зниження початкового запасу продуктивної води з 103 мм (помірний дефіцит води, 2018 р.) до 67 мм (надмірний дефіцит, 2020 р.) зумовлює тривалу депресію ростових процесів, скорочуючи максимальне проєктивне покриття пологів на $30,6\%$ та провокуючи понад десятиразове зростання стресу росту пологів, з 8% до 83% .

- Дефіцит ґрунтової води на початку вегетації зміщує водний баланс агроценозу в бік непродуктивних втрат, зменшуючи сумарну транспірацію лози в $1,85$ разів порівняно з відносно сприятливим роком.

- Морфологічні обмеження асиміляційного апарату призводять до зменшення сухої надземної біомаси на $47,6\%$ та сухого врожаю ягід на $46,8\%$ за збереження стабільного індексу врожаю. Ефективність використання води при цьому знижується на $37,3\%$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вожегова Р. А., Нетіс І. Т., Онуфран Л. І., Сахацький Г. І., Шарата Н. Г. Зміна клімату та аридизація Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 16–20. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.3>
2. Вожегова Р. А. Зрошення – головний елемент сучасних агротехнологій в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 11. С. 67–74. <https://doi.org/10.31073/agrovishnyk201911-10>
3. Ромашенко М. І., Гусев Ю. В., Шатковський А. П., Сайдак Р. В., Яцюк М. В., Шевченко А. М., Матяш Т. В. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 1. С. 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>
4. Flexas J., Galmés J., Gallé A., Gulías J., Pou A., Ribas-Carbo M., Tomás M., Medrano H. Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2010. Vol. 16. P. 106–121. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00057.x>
5. Tomás M., Medrano H., Brugnoli E., Escalona J. M., Martorell S., Pou A., Ribas-Carbo M., Flexas J. Genotypic variability of mesophyll conductance. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2014. Vol. 20. P. 272–280. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12069>
6. Bonada M., Petrie P. R., Phogat V., Collins C., Sadras V. O. Benchmarking Water-Limited Yield Potential and Yield Gaps of Shiraz in the Barossa and Eden Valleys. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2023. No. 1. P. 1–15. <https://doi.org/10.1155/2023/5807266>
7. Torres N., Yu R., Martínez-Lüscher J., Kostaki E., Kurtural S. K. Effects of irrigation at different fractions of crop evapotranspiration on water productivity and flavonoid composition of Cabernet sauvignon grapevine. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.712622>
8. Munitz S., Netzer Y., Schwartz A. Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2017. Vol. 23. No. 1. P. 87–94. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12241>
9. Steduto P., Hsiao T. C., Raes D., Fereres E. AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101. No. 3. P. 426–437. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronj2008.0139s>
10. Raes D., Steduto P., Hsiao T. C., Fereres E. AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101. No. 3. P. 438–447. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0140s>
11. Hsiao T. C., Heng L., Steduto P., Rojas-Lara B., Raes D., Fereres E. AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101. No. 3. P. 448–459. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0218s>
12. Steduto P., Hsiao T. C., Fereres E., Raes D. Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 66. Rome: FAO, 2012. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/fb1683eb-df22-438f-b997-a34d44b86ba7/content>

13. Raes D., Steduto P., Hsiao T. C., Fereres E. Reference Manual AquaCrop Version 7.1. Rome: FAO, 2023. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1479f444-c112-4faa-b3dc-bc73b0637332/content>
14. Er-Raki S., Bouras E., Rodriguez J. C., Watts C. J., Lizarraga-Celaya C. Parameterization of the AquaCrop model for simulating table grapes growth and water productivity in an arid region of Mexico. *Agricultural Water Management*. 2021. Vol. 245. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106585>
15. Shtirbu A., Palariev V. Assessment of the Impact of Deficit Irrigation on Grapevines in the Semi-Arid Region of Ukraine Using the AquaCrop Model. *Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem (JSTIE)*. 2026. No. 1. P. 25–36. <https://izlik.org/JA92FT87YL>

REFERENCES:

1. Vozhehova, R. A., Netis, I. T., Onufrin, L. I., Sakhaty, G. I., & Sharata, N. H. (2021). Zmina klimatu ta arydyzatsiia Pivdennoho Stepu Ukrainy [Climate change and aridization of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, (7), 16–20. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.3> [in Ukrainian].
2. Vozhehova, R. (2019). Zroshennia – holovnyi element suchasnykh ahrotekhnolohii v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Irrigation – The main element of modern agricultural technologies in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 97(11), 67–74. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-10> [in Ukrainian].
3. Romashchenko, M. I., Husiev, Yu. V., Shatkovskiy, A. P., Saidak, R. V., Yatsiuk, M. V., Shevchenko, A. M., & Matias, T. V. (2020). Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo [Impact of climate change on water resources and agricultural production]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, (1), 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> [in Ukrainian].
4. Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Tomás, M., & Medrano, H. (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 106–121. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00057.x>
5. Tomás, M., Medrano, H., Brugnoli, E., Escalona, J. M., Martorell, S., Pou, A., Ribas-Carbo, M., & Flexas, J. (2014). Genotypic variability of mesophyll conductance. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20, 272–280. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12069>
6. Bonada, M., Petrie, P. R., Phogat, V., Collins, C., & Sadras, V. O. (2023). Benchmarking Water-Limited Yield Potential and Yield Gaps of Shiraz in the Barossa and Eden Valleys. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, (1), 1–15. <https://doi.org/10.1155/2023/5807266>
7. Torres, N., Yu, R., Martínez-Lüscher, J., Kostaki, E., & Kurtural, S. K. (2021). Effects of irrigation at different fractions of crop evapotranspiration on water productivity and flavonoid composition of Cabernet sauvignon grapevine. *Frontiers in Plant Science*, (12). <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.712622>
8. Munitz, S., Netzer, Y., & Schwartz, A. (2017). Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23(1), 87–94. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12241>
9. Steduto, P., Hsiao, T. C., Raes, D., & Fereres, E. (2009). AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal*, 101(3), 426–437. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronj2008.0139s>
10. Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., & Fereres, E. (2009). AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agronomy Journal*, 101(3), 438–447. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0140s>
11. Hsiao, T. C., Heng, L., Steduto, P., Rojas-Lara, B., Raes, D., & Fereres, E. (2009). AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. *Agronomy Journal*, 101(3), 448–459. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0218s>
12. Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Crop yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 66*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/fb1683eb-df22-438f-b997-a34d44b86ba7/content>
13. Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., & Fereres, E. (2023). Reference Manual AquaCrop Version 7.1. Rome: FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1479f444-c112-4faa-b3dc-bc73b0637332/content>
14. Er-Raki, S., Bouras, E., Rodriguez, J. C., Watts, C. J., & Lizarraga-Celaya, C. (2021). Parameterization of the AquaCrop model for simulating table grapes growth and water productivity in an arid region of Mexico. *Agricultural Water Management*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106585>
15. Shtirbu, A., & Palariev, V. (2026). Assessment of the Impact of Deficit Irrigation on Grapevines in the Semi-Arid Region of Ukraine Using the AquaCrop Model. *Journal of Science-Technology-Innovation Ecosystem (JSTIE)*, (1), 25–36. <https://izlik.org/JA92FT87YL>

Штірбу А.В., Паларієв В.О. Моделювання агробіологічних процесів виноградарства за різних умов вологозабезпечення із застосуванням моделі AquaCrop

Мета. Обґрунтувати особливості агробіологічних процесів та оцінити продукційний потенціал винограду за різних умов вологозабезпечення шляхом параметризації моделі AquaCrop в умовах богари Північного Причорномор'я. **Методи.** Дослідження проведено на експериментальній базі ННЦ «ІБіВ ім. В.Є. Таїрова» на плодonoсних насадженнях сорту Загрей. Для відтворення водного балансу континууму «ґрунт–рослина–атмосфера» використано модель AquaCrop (v.7.1). Розрахунки здійснювали за чотирма блоками вхідних даних для продуктивного періоду (143 доби). Вхідні параметри адаптовано за агрометеоданими 2018 р. (помірний дефіцит вологи, індекс аридності 0,40) та 2020 р. (надмірний дефіцит, 0,21). Фізико-гідрологічні властивості важкосуглинистого ґрунту (шар 0–100 см) визначали стандартними методами: об'ємна маса – 1,22 г/см³, загальна доступна волога – 152 мм/м. **Результати.** Встановлено, що за подібної еталонної евапотранспірації та суми опадів за вегетацію

вирішальну роль відігравали осінньо-зимове зволоження та річна сума опадів. Це зумовило різницю початкових запасів продуктивної вологи: 103 мм у 2018 р. та 67 мм у 2020 р. Недостатнє початкове зволоження у 2020 р. спричинило редукцію асиміляційного апарату: максимальне проективне покриття пологів скоротилося на 30,6%, а стрес росту пологів зріс з 8% до 83%. Зниження асиміляційної поверхні зумовило зміщення водного балансу: сумарна транспірація зменшилася в 1,85 раза, тоді як непродуктивне випаровування ґрунтом зросло. Унаслідок посилення продигового та температурного стресів формування сухої надземної біомаси знизилася на 47,6% за стабільного індексу врожаю. Ефективність використання води знизилася на 37,3%.

Висновки. За богарного вирощування в Північному Причорномор'ї визначальним чинником продуктивності насаджень є осінньо- зимова вологозарядка ґрунту. Дефіцит стартового зволоження обмежує формування листового апарату як головний адаптивний механізм, що супроводжується зростанням непродуктивних втрат води, падінням біопродуктивності майже вдвічі та погіршенням віддачі спожитої вологи.

Ключові слова: водний дефіцит, проективне покриття, транспірація, ефективність використання води, початкові запаси ґрунтової вологи.

Shtirbu A.V., Palariev V.O. Modeling agrobiological processes in vineyards under varying water supply conditions using the AquaCrop model

Purpose. To clarify agrobiological processes and evaluate the yield potential of grapevines under varying

water supply conditions by parameterizing the AquaCrop model under rainfed conditions in the Northern Black Sea region. **Methods.** The study was carried out at the National Scientific Center "Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" on bearing vines of grape cultivar 'Zahrey'. AquaCrop (v.7.1) was used to simulate the soil-plant-atmosphere continuum water balance over a 143-day period. Input parameters were adapted using agrometeorological data from 2018 (moderate water deficit, aridity index 0.40) and 2020 (severe deficit, 0.21). Soil parameters (heavy clay loam, 0–100 cm layer) were: bulk density – 1.22 g/cm³, total available water – 152 mm/m. **Results.** Under similar reference evapotranspiration and growing season precipitation, autumn-winter moisture recharge played a decisive role, causing a difference in initial available water reserves: 103 mm in 2018 vs. 67 mm in 2020. Low initial moisture in 2020 reduced canopy cover by 30.6%, elevating canopy growth stress from 8% to 83%. Lower canopy cover shifted the water balance: plant transpiration fell 1.85-fold, while soil evaporation increased. Driven by stomatal and temperature stresses, dry aboveground biomass dropped by 47.6%, and dry grape yield fell by 46.8% at a stable harvest index. Water productivity decreased by 37.3%. **Conclusions.** Under rainfed conditions in the Northern Black Sea region, autumn-winter soil water recharge determines vineyard productivity. Initial moisture deficit limits canopy development as a primary adaptive response, driving non-productive water losses and cutting bioproductivity nearly in half.

Key words: water deficit, canopy cover, transpiration, water productivity, initial soil water reserves.

Дата першого надходження статті до видання: 10.08.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 631.03.635.61:631.5:631.303 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.37>

ВПЛИВ УФ-В ОПРОМІНЕННЯ НА АДАПТИВНУ ЗДАТНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ ЗРАЗКІВ ГАРБУЗА

КНИШ В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1598-6867

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

КОСЕНКО Н.П. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-0877-6116

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

КОКОЙКО В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-2528-7920

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ШАБЛЯ О.С. – кандидат економічних наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-2669-0711

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. В сучасних умовах, коли відбувається кліматичні зміни та зростання антропогенного навантаження на агроєкосистеми, набуває актуальності проблема підвищення адаптивної здатності та стабільності сільськогосподарських культур [1]. Підвищення температури повітря, не достатня кількість опадів, збільшення інтенсивності сонячної радіації негативно впливають на ріст, розвиток і продуктивність усіх сільськогосподарських культур [2]. Гарбуз є культурою, яка використовується у харчовій, фармацевтичній та переробній промисловості. Його плоди є цінним джерелом каротиноїдів, вітамінів, пектинових речовин, антиоксидантів та інших біологічно активних сполук. Ефективність вирощування гарбуза значною мірою залежить від здатності рослин адаптуватися до нестабільних умов середовища [3]. Створення продуктивних, конкурентоспроможних сортів з високою пластичністю та підвищеними адаптивними властивостями до несприятливих умов середовища є одним з основних засобів підвищення врожайності та поліпшення якості продукції баштанних культур, зокрема і гарбуза [4]. Комплексна на оцінка вихідного матеріалу і виділення нових донорів цінних ознак з визначеною нормою реакції на зміни умов вирощування є важливим напрямком селекційної роботи, що дозволяє вирішувати проблему конкурентоспроможності новостворених генотипів із заданими параметрами [5]. Саме тому наші дослідження були спрямовані на визначення параметрів адаптивності зразків гарбуза для подальшого залучення їх у селекційний процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За визначення екологів глобальні зміни клімату становлять значну загрозу для сільського господарства. Ультрафіолетове випромінювання є невід'ємною складовою сонячного спектра та одним із важливих екологічних чинників, що впливають на ріст та розвиток рослин [6]. Тривалий час ультрафіолетове опромінення розглядали переважно як шкідливий фактор, здатний викликати пошкодження клітинних структур, порушення фотосинтетичних процесів, деградацію ДНК та накопичення активних форм кисню [7]. Сучасні дослідження доводять, що помірні дози можуть виконувати сигнальну функцію та індукувати адаптивні реакції рослин, спрямовані на підвищення їх стійкості до несприятливих умов середовища [8]. Встановлено, що ключову роль у сприйнятті УФ-В випромінювання відіграє фоторецептор UVR8 (UV Resistance Locus 8), який активує складний каскад молекулярних та фізіологічних реакцій. Активація UVR8 сприяє індукції експресії генів, пов'язаних із синтезом флавоноїдів, фенольних сполук, антоціанів та інших антиоксидантних компонентів, що забезпечують фотозахист клітин та зниження рівня оксидативного стресу. Крім того, УФ-В сигналінг бере участь у регуляції фотоморфогенезу, фотосинтетичної активності, ростових процесів та механізмів адаптації рослин до стресових умов [9]. Дослідження вітчизняних вчених свідчать, що реакція баштанних видів рослин на ультрафіолетове опромінення залежить від інтенсивності та тривалості його дії, спектрального складу світла, генотипових особливостей і стадії онтогенезу



культури [10, 11]. Помірні дози УФ-В можуть посилювати антиоксидантний захист і підвищувати стійкість рослин до посухи та патогенних організмів. Водночас надмірне опромінення викликає пригнічення росту, пошкодження мембран, фотодеструкцію пігментів та зниження врожайності [12]. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження фізіолого-біохімічних механізмів адаптації рослин до стресових чинників довкілля, а саме до дії ультрафіолетового випромінювання діапазону В (280–315 нм).

Мета досліджень. Провести оцінку генотипів за показниками адаптивної здатності і стабільності з метою створення нових стресостійких сортів гарбуза, придатних для вирощування в умовах Півдня України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили ДПДГ «Южний» Одеського району, Одеської області у 2022–2025 роках. Методи досліджень – польовий, лабораторний, вимірювально-розрахунковий, порівняльний, математично-статистичний аналіз. Досліди закладались за розсадної культури в умовах відкритого ґрунту. Об'єктом досліджень слугували селекційні зразки сортів вітчизняної та закордонної селекції, отримані з генетичних центрів і наукових установ України. За стандарт прийнятий сорт Альтаїр. Селекційна робота проводиться за методикою багаторазового інцухт-схрещування з подальшим доббором у наступних поколіннях. Розсаду зразків гарбуза вирощували касетним способом, дослідний зразок – 20 рослин. За допомогою ультрафіолетової лампи UVD 150 PT2398 30W/G30 T8 (UVB-3Bт) (вертикальна відстань до розсади 0,1 м, що відповідає UVI 7,3) проводиться опромінення зразків гарбуза за експозиції п'ять години. У польових умовах розсаду гарбуза висаджували за схеми 2,1х1,4 м. Повторність досліду чотириразова. Посухостійкість і жаростійкість зразків визначали згідно методичних рекомендацій [13]. Збирання і облік урожаю проведено вручну, ваговим методом. У процесі досліджень визначали: V_i – загальна адаптивна здатність (ЗАЗ), σ^2 – специфічна адаптивна здатність (САЗ), S_{gi} – відносна стабільність генотипу, b_i – коефіцієнт регресії реакції генотипу на зміну умов вирощування (пластичність), $СЦГ_i$ – селекційна цінність генотипу. Дослідження проводили у відповідності до загальноприйнятих методичних рекомендацій. Коефіцієнт

екологічної пластичності b_i визначено за методикою S. A. Eberhart, W. A. Russel [14]. Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу [15, 16].

Результати досліджень. На даний час селекціонерами проводиться робота зі створення нових сортів і гібридів гарбуза, здатних формувати стабільно високу врожайність і якість плодів за різних, у тому числі жорстких гідротермічних умов [17, 18]. За результатами наших досліджень, у лабораторних умовах, були визначена посухостійкість селекційних зразків гарбуза, яка варіювала від 21,9 до 77,8% (табл. 1).

Високу стійкість до посухи відзначено у зразків Л 67 (77,8%) і Л 65 (73,4%). Ці зразки характеризуються найбільшою загальною адаптивною здатністю: Л 67 ($V_i = 39,1$) і Л 65 ($V_i = 10,5$). За специфічною адаптивною здатністю (САЗ) зразок Л 67 ($\sigma^2 = 1,9$) був на рівні сорту-стандарту. В той час, як інші дослідні зразки характеризувались меншою специфічною адаптивною здатністю – $\sigma^2 = 0,2$ – $1,2$. Високий рівень стабільності генотипу за даною ознакою виявив зразок Л 70 ($S_{gi} = 4,9\%$). За показником селекційна цінність генотипу (S_{gi}) всі досліджувані зразки були високо стабільні, що свідчить про різну реакцію генотипу на чинники навколишнього середовища. За рівнем екологічної пластичності (b_i) посухостійкості більшість досліджуваних зразків відноситься до інтенсивного типу, що різко реагують на зміну умов вирощування. Менш вимогливими з нейтральною реакцією на зміни умов вирощування ($-0,1$) та найвищу селекційну цінність (77,8) (СЦГ_i) мав зразок Л 67. Жаростійкість зразків гарбуза за роки досліджень варіювала від 20,4 до 56,9%. Найбільшу жаростійкість мають зразки: сорт-стандарт Альтаїр (56,9%), Л 70 (30,5%), Л 72 (29,3%), Л 61 (28,9%), Л 63 (27,1%), Л 67 (26,7%) (табл. 2).

Аналіз загальної адаптивної здатності (ЗАЗ) виявив високі значення у сорту-стандарту Альтаїр ($V_i = 4,8$) і Л 70 ($V_i = 4,0$). Інші зразки мали значення ЗАЗ 0,7–1,5. За специфічною адаптивною здатністю (САЗ) відзначено аналогічну тенденцію: виділились сорт-стандарт Альтаїр ($\sigma^2 = 5,3$) і Л 70 ($\sigma^2 = 3,2$). Найменшою специфічною адаптивною здатністю характеризувались Л 61 ($\sigma^2 = 0,6$) та Л 65 ($\sigma^2 = 0,7$). Високу стабільність за ознакою «жаростійкість» виявили Л 61 ($S_{gi} = 2,7$)

Таблиця 1

Адаптивна здатність та стабільність зразків гарбуза після дії УФ-В опромінення за ознакою «посухостійкість» (середнє за 2022–2025 рр.)

Назва зразка	Посухостійкість, %	Адаптивна здатність		Стабільність (S_{gi}), %	Пластичність (b_i)	Селекційна цінність генотипу (СЦГ _i)
		Загальна ЗАЗ (V_i)	Специфічна САЗ (σ^2)			
Л 70 (Ждана F ₅)	21,9	-8,3	0,2	4,9	1,0	21,8
Л 61 (Зимово солодка F ₅)	37,0	3,9	0,9	3,8	2,2	36,9
Л 72 (Jane de Paris F ₅)	71,1	-1,1	1,2	1,5	0,7	71,0
Л 63 (Універсал F ₅)	71,0	-1,8	0,7	1,2	0,4	71,7
Л 67 (Ювілей F ₅)	77,8	39,1	1,9	0,4	-0,1	77,8
Л 65 (Степовий F ₅)	73,4	10,5	1,2	0,7	2,0	73,4
Альтаїр, st	73,7	-5,7	1,9	5,3	2,4	73,6
НІР ₀₅	1,3					

Таблиця 2

Адаптивна здатність та стабільність зразків гарбуза після дії УФ-В опромінення за ознакою «жаростійкість» (середнє за 2022–2025 рр.)

Назва зразка	Жаростійкість, %	Адаптивна здатність		Стабільність (Sgi), %	Пластичність (bi)	Селекційна цінність генотипу (СЦГі)
		Загальна ЗАЗ (Vi)	Специфічна САЗ (σ^2)			
Л 70 (Ждана F ₅)	30,5	4,0	3,2	2,9	0,8	31,0
Л 61 (Зимова солодка F ₅)	28,9	1,5	0,6	2,7	1,3	29,0
Л 72 (Jane de Paris F ₅)	29,3	1,3	1,3	3,9	1,1	29,2
Л 63 (Універсал F ₅)	27,1	0,8	2,1	8,1	3,3	26,9
Л 67 (Ювілей F ₅)	26,7	1,2	1,2	4,1	3,3	26,6
Л 65 (Степовий F ₅)	20,4	0,7	0,7	5,4	1,0	21,2
Альгаір, st	56,9	4,8	5,3	5,8	0,9	59,0
HIP ₀₅	2,0					

і Л 70 (Sgi = 2,9). За рівнем екологічної пластичності (bi) всі селекційні зразки відносяться до інтенсивного типу, що різко реагують на зміну умов вирощування. За селекційною цінністю генотипу (СЦГі) виділено зразки: Л 70 (31,0), Л 72 (29,2). У середньому за роки досліджень продуктивність з однієї рослини варіювала від 10,9 кг/росл. до 12,4 кг/росл. Високопродуктивними були зразки Л 61 (12,4 кг/росл.) і Л 63 (12,1 кг/росл.), що перевищили сорт-стандарт на 11,0–13,8% (табл. 3)

Для селекційної роботи практичну цінність становлять зразки з високою загальною адаптивною

здатністю (ЗАЗ), яка характеризує генотипи за здатністю забезпечувати максимальний рівень прояву ознаки. За цим показником виділено зразки Л 61 (Vi = 1,8), Л 63 (Vi = 1,9), у сорту-стандарту (Vi = 0,5). Ці зразки були кращими і за специфічною адаптивною здатністю: Л 61 ($\sigma^2 = 2,7$), Л 63 ($\sigma^2 = 2,1$). Основним показником стабільності новоствореного сорту або гібриду є стабільність генотипу. Стабільність сорту може бути пов'язана з високою пристосованістю рослин до умов вирощування, в тому числі і до стресових чинників [19]. В наших дослідженнях на основі аналізу відносної

Таблиця 3

Адаптивна здатність та стабільність зразків гарбуза після дії УФ-В опромінення за ознакою «продуктивність рослини» (середнє за 2022–2025 рр.)

Назва зразка	Продуктивність, кг/росл.	Адаптивна здатність		Стабільність (Sgi), %	Пластичність (bi)	Селекційна цінність генотипу (СЦГі)
		Загальна ЗАЗ (Vi)	Специфічна САЗ (σ^2)			
Л 70 (Ждана F ₅)	11,8	1,2	1,1	8,9	1,8	57
Л 61 (Зимова солодка F ₅)	12,4	1,8	2,7	6,8	1,0	75
Л 72 (Jane de Paris F ₅)	11,6	0,1	0,9	8,2	2,2	61
Л 63 (Універсал F ₅)	12,1	1,9	2,1	8,7	-0,8	60
Л 67 (Ювілей F ₅)	11,4	0,3	1,7	9,2	1,5	53
Л 65 (Степовий F ₅)	11,6	0,7	1,0	9,0	1,9	55
Альгаір, st	10,9	0,5	1,4	9,6	1,1	48
HIP	0,5					

Таблиця 4

Адаптивна здатність та стабільність зразків дини після дії УФ-В опромінення за вмістом сухої розчинної речовини (середнє за 2022–2025 рр.)

Назва зразка	Вміст сухої розчинної речовини, %	Адаптивна здатність		Стабільність (Sgi), %	Пластичність (bi)	Селекційна цінність генотипу (СЦГі)
		Загальна ЗАЗ (Vi)	Специфічна САЗ (σ^2)			
Л 70 (Ждана F ₅)	11,0	0,4	2,0	12,2	1,0	57
Л 61 (Зимова солодка F ₅)	10,6	0,4	1,5	10,6	3,0	60
Л 72 (Jane de Paris F ₅)	11,9	0,3	1,8	11,3	1,3	65
Л 63 (Універсал F ₅)	11,8	0,2	2,1	12,3	1,2	58
Л 67 (Ювілей F ₅)	10,2	0,5	2,4	12,6	0,1	68
Л 65 (Степовий F ₅)	10,6	0,1	2,1	12,2	0,7	56
Альгаір, st	11,1	0,3	2,1	13,1	0,6	51
HIP ₀₅	0,2					

стабільності (Sgi) найменшою мінливістю формування продуктивності однієї рослини характеризувались зразки: Л 61 (Sgi = 6,8%) і Л 72 (Sgi = 8,2%). У сорту-стандарту Sgi = 9,6%. Значну пластичність до умов вирощування проявив Л 63 (bi = -0,8), інші зразки відносились до інтенсивного типу і були в межах bi = 1,0–2,2. Селекційно цінними (СЦГі) за даною ознакою був зразок Л 61 – 75. Вміст сухої розчинної речовини у м'якоті плодів гарбуза варіював від 10,2% до 11,9%. Високими показниками відзначились зразки Л 72 (11,9%) та Л 63 (11,8%), інші зразки – 10,2–11,0% (табл. 4).

За показником загальної (Vi = 0,5) та специфічної ($\sigma^2 = 2,4$) адаптивної здатності відзначився зразок Л 67. Досліджувані зразки були високо стабільні за ознакою «якість плодів» (Sgi = 10,6–13,1%), виділився зразок Л 61 (Sgi = 10,6%). Високою екологічною пластичністю володіли Л 67 (bi = 0,1) інші зразки були в межах bi = 0,6–3,0, що є характерним для сортів інтенсивного типу реакцією на умови вирощування. За селекційною цінністю генотипу виділено зразки Л 67 (СЦГі = 68) і Л 72 (СЦГі = 65).

Висновки. За результатами досліджень проведено оцінку і відібрано селекційно цінні зразки гарбуза які володіють високими показниками адаптивності. За посухостійкістю відзначено зразок Л 67 (Ювілей F₅) (77,8%), із загальною адаптивною здатністю ЗАЗ = 39,1 і селекційною цінністю генотипу СЦГі = 1,9. За жаростійкістю кращим був стандарт Альтаїр (56,9%), із загальною адаптивною здатністю ЗАЗ = 4,8 і селекційною цінністю генотипу (СЦГі) = 59. За продуктивністю з однієї рослини виділено зразок Л 67 (Зимова солодка F₅) (12,4 кг/росл.), із загальною адаптивною здатністю ЗАЗ = 1,8 і СЦГі = 75. За вмістом сухої розчинної речовини у плодах відібрано Л 72 (Jane de Paris F₅) (11,9%), із загальною адаптивною здатністю ЗАЗ = 0,3 і (СЦГі) = 65. Кращі зразки будуть залучені у селекційний процес.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Chen Z., Dong Y., Huang X. Plant responses to UV-B radiation: signaling, acclimation and stress tolerance. *Stress Biology*. 2022. V. 2. № 51. <https://doi.org/10.1007/s44154-022-00076-9>
- Gideon S. M. Harnessing UV-radiation for enhanced agricultural production: benefits on nutrition, quality, and sustainability. *All Life*. 2024. 2381141 <https://doi.org/10.1080/26895293.2024.2381141>
- Hernández-Álvarez C., García-Oliva F., Cruz-Ortega R., Romero M. F., Barajas H. R., Piñero D., Alcaraz L. D. Squash root microbiome transplants and metagenomic inspection for in situ arid adaptations. *Science of The Total Environment*. 2022. V. 805. 150136. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150136>
- Santín M., Castagna A. The multifaceted responses of plants to visible and ultraviolet radiation. *Plants*, 2024. 13(5). 572. <https://doi.org/10.3390/plants13050572>
- Методичні підходи з використання ідентифікованого за морфологічними генами лінійного матеріалу у гетерозисній селекції кавуна: монографія / О. В. Сергієнко, О. М. Могильна, З. П. Ліннік, О. А. Лук'янчикова. Вінниця : ТОВ «Твори», 2020. 100 с.
- Podolec R., Demarsy E., Ulm R. Perception and signaling of Ultraviolet-B radiation in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 2021. V. 72. P. 793–822. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-095946>
- Zhang Ch., Gao N., Na X., et al. UV-B stress reshapes root-associated microbial communities and networks, driven by host plant resistance. *Soil Biology and Biochemistry*. 2025. V. 205. 109767 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2025.109767>
- Shi Ch., Li H.. How plants protect themselves from ultraviolet-B radiation stress. *Plant Physiology*, 2021. V. 187(3). P. 1096–1103. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab245>
- Meyer P., Van de Poel B., De Coninck B. UV-B light and its application potential to reduce disease and pest incidence in crops. *Horticulture Research*. 2021. V. 8(194). <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00629-5>
- Оцінка зразків дині за стійкістю до УФ-В опромінення при створенні стресотолерантних сортів для Півдня України / Косенко Н. П., Книш В. І., Кокойко В. В., Шабля О. С., Бондаренко К. О. *Аграрні інновації*. 2024. Вип. 24. С. 183–188. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.26>
- Книш В. І., Косенко Н. П., Кокойко В. В., Шабля О. С. Оцінка адаптивної здатності і стабільності зразків кавуна при створенні нових стресотолерантних сортів для Півдня України. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 32. С. 272–278. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.38>
- Liebers M., Pfannschmidt T. New horizons in light control of plant photomorphogenesis and development. *Frontiers in Photobiology*. 2024. V. 1. 1346705. <https://doi.org/10.3389/fphbi.2023.1346705>
- Самовол О. П., Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Хареба О. В. Овочеві пасльонові та баштанні види рослин: цитогенетичні основи селекції: монографія / За ред. О. П. Самовола. Київ : «Аграрна наука», 2022. 320 с.
- Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. № 6. P. 36–40.
- Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За ред. Г. Л. Бондаренко, К. І. Яковенко. Харків : «Основа», 2001. 369 с.
- Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / За ред. Р. А. Вожегової. Херсон : «Гринь Д.С.», 2014. 286 с.
- Колесник І. І. Палинчак О. В. Створення ліній і гібридів гарбуза з підвищенням вмістом каротину. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (2). С. 58–75. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(69\)-2-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(69)-2-4)
- Мельник Н. Ю. Розширення генетичного потенціалу гарбуза методом віддаленої гібридизації. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 79. С. 97–101.
- Адаптивна здатність гібридів кукурудзи за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушливому Степу України / Лавриненко Ю. О., Вожегова Р. А., Базалій В. В., Марченко Т. Ю., Іванів М. О. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 125–131. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v27.1314>

REFERENCES:

- Chen, Z., Dong, Y., & Huang, X. (2022). Plant responses to UV-B radiation: signaling, acclimation and stress tolerance. *Stress Biology*, 2, 51. <https://doi.org/10.1007/s44154-022-00076-9>
- Gideon, S. M. (2024). Harnessing UV-radiation for enhanced agricultural production: benefits on nutrition, quality, and sustainability. *All Life*, 2381141 <https://doi.org/10.1080/26895293.2024.2381141>
- Hernández-Álvarez, C., García-Oliva, F., Cruz-Ortega, R., Romero, M. F., Barajas, H. R., Piñero, D., & Alcaraz L. D. (2022). Squash root microbiome transplants and metagenomic inspection for in situ arid adaptations. *Science of The Total Environment*, 150136. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150136>
- Santin, M., & Castagna, A. (2024). The multifaceted responses of plants to visible and ultraviolet radiation. *Plants*, 13(5), 572. <https://doi.org/10.3390/plants13050572>
- Serhiienko, O. V., Mohylina, O. M., Linnik, Z. P., & Lukianchykova, O. A. (2020). *Metodychni pidkhody z vykorystannia identyfikovanoho za morfolohichnymy henamy liniinoho materialu u heterozyznii sele-ktsii kavuna [Methodological foundations for the use of linear material identified by morphological genes in heterotic selection of watermelon]*. Vinnytsia : TOV «Tvory» [in Ukrainian].
- Podolec, R., Demarsy, E., & Ulm, R. (2021). Perception and signaling of Ultraviolet-B radiation in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 72, 793–822. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-095946>
- Zhang, Ch., Gao, N., Na, X., Li, K., Pu, M., Sun, H., Song, Y., Tong, P., Fei, P., Li, J., Cheng, Z., He, X., Liu, M., Wang, X., Kardol, P. & Bi, Y. (2025). UV-B stress reshapes root-associated microbial communities and networks, driven by host plant resistance. *Soil Biology and Biochemistry*, 205, 109767. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2025.109767>
- Shi, Ch., & Li, H. (2021). How plants protect themselves from ultraviolet-B radiation stress. *Plant Physiology*, 187(3), 1096–1103. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab245>
- Meyer, P., Van de Poel, B., & De Coninck, B. UV-B light and its application potential to reduce disease and pest incidence in crops. *Horticulture Research*, 2021. V. 8(194). <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00629-5>
- Kosenko, N. P., Knysh, V. I., Kokoiko, V. V., Shablia, O. S., & Bondarenko, K. O. (2024). Otsinka zrazkiv dyni za stiikistiu do UF-V oprominennia pry stvorenni stresso-tolerantnykh sortiv dlia Pivdnia Ukrainy. [Evaluation of melon samples for resistance to UV-B radiation with the aim of creating stress-tolerant varieties for Southern Ukraine]. *Agricultural innovations*, 24, 183–188. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.26> [in Ukrainian].
- Kosenko, N. P., Knysh, V. I., Kokoiko, V. V., & Shablia, O. S. (2025). Otsinka adaptivnoi zdatnosti i stabilnosti zrazkiv kavuna pry stvorenni novykh stresotolerantnykh sortiv dlia Pivdnia Ukrainy. [Estimation of the adaptability and stability of watermelon samples in the development of new stress-tolerant varieties for South of Ukraine]. *Agricultural innovations*, 32, 272–276. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.38> [in Ukrainian].
- Liebers, M., & Pfannschmidt, T. (2024). New horizons in light control of plant photomorphogenesis and development. *Frontiers in Photobiology*, 1346705. <https://doi.org/10.3389/fphbi.2023.1346705>
- Samovol, O. P., Kondratenko, S. I., Serhiienko, O. V., & Khareba, O. V. *Ovochevi paslonovi ta bashtanni vydy roslyn: tsytohenetychni osnovy seleksii [Vegetable Solanaceae and Cucurbitaceae species: cytogenetic foundations of breeding]*. Kyiv : «Ahrarna nauka» [in Ukrainian].
- Eberhart, S. A., & Rassel, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36–40.
- Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (Eds.). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Research Methods in Vegetable and Melon growing]*. Kharkiv : «Osnova» [in Ukrainian].
- Vozhehova, R. A. (Ed). (2014). *Metodyka polovokh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson : «Hrin D.S.» [in Ukrainian].
- Kolesnyk, I. I., & Palynchak, O. V. (2021). Stvorennia linii i hibrydiv harbuza z pidvyshchenym vmistom karotynu [Breeding pumpkin varieties and hybrids with a high carotene content]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 69(2), 58–75. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(69\)-2-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(69)-2-4) [in Ukrainian].
- Melnyk, N. Yu. (2012). Rozshyrennia henetychnoho potentsialu harbuza metodom viddalenoii hibrydyzatsii [Increasing the genetic potential of pumpkins through outcrossing]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 79, 97–101 [in Ukrainian].
- Lavrynenko, Yu. O., Vozhehova, R. A., Bazalii, V. V., Marchenko, T. Yu., & Ivaniv, M. O. (2020). Adaptivna zdatnist hibrydiv kukurudzy za riznykh sposobiv polyvu ta volohozabezpechenosti u posushlyvomu Stepu Ukrainy [Adaptability of corn hybrids under different irrigation methods and moisture supply in the Arid Steppe of Ukraine]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv*, 27, 125–131. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v27.1314> [in Ukrainian].

**Книш В.І., Косенко Н.П., Кокойко В.В., Шабля О.С.
Вплив УФ-В опромінення на адаптивну здатність і
стабільність зразків гарбуза**

В сучасних умовах, коли відбувається кліматичні зміни та зростання антропогенного навантаження на агроєкосистеми, набуває актуальності проблема підвищення адаптивної здатності та стабільності сільськогосподарських культур. **Мета.** Провести оцінку генотипів за показниками адаптивної здатності і стабільності з метою створення нових стресостійких сортів гарбуза, придатних для вирощування в умовах Півдня України. **Методи.** Лабораторний, польовий вимірювально-розрахунковий, порівняльний методи та математично-статистичний аналіз. У період вирощування розсади проведено ультрафіолетове опромінення рослин (В діапазон 320–280 нм) за допомогою ультрафіолетової лампи UVD 150 PT2398 30W/G30 T8 (UVB-3Вт), експозиція – п'ять години. **Результати.** Проведено оцінку генотипів за показниками адаптивної здатності, стабільності і пластичності. Визначено: загальну адаптивну здатність (ЗАЗ), специфічну адаптивну здатність (CAЗ), відносну стабільність генотипу (Sgi), пластичність (bi), селекційну цінність генотипу (CLGi) за ознаками «посухостійкість», «жаростійкість», «продуктивність рослин», «якість плодів». Виділено зразки, що характеризуються високими показниками адаптивної здатності:

за ознакою (посухостійкість) – зразок Л 67 (Ювілей F₅) (ЗАЗ 39,1; СЦГІ 1,9), за жаростійкістю – Альтаїр (ЗАЗ 4,8; СЦГІ 59). За врожайністю виділено Л 61 (Зимова солодка F₅) (12,4 кг/росл.; ЗАЗ 1,8; СЦГІ 75), за вмістом сухої розчинної речовини у плодах – Л 72 (Jane de Paris F₅) (ЗАЗ 0,3; СЦГІ 65). Досліджувані зразки характеризуються високою стабільністю Sgi 10,6–13,1%, найбільше значення у зразка Л 61 (Зимова солодка F₅). За екологічною пластичністю відзначено зразок Л 67 (Ювілей F₅) (bi 0,1), у інших зразків bi 0,6–3,0, що є характерним для сортів інтенсивного типу. **Висновки.** Проведено оцінку зразків гарбуза за показниками адаптивної здатності та відібрані кращі генотипи з метою створення нових стресостійких високопродуктивних сортів для Півдня України.

Ключові слова: гарбуз, жаростійкість, посухостійкість, УФ-опромінення, продуктивність, якість плодів.

Knysh V.I., Kosenko N.P., Kokoiko V.V., Shablia O.S.
Influence of UV-B radiation on adaptive capacity and stability of pumpkin samples

In modern conditions, when climate change is occurring and anthropogenic pressure on agroecosystems is increasing, the problem of increasing the adaptive capacity and stability of agricultural crops is becoming more relevant. **Purpose.** To evaluate genotypes in accordance with their adaptability and stability in order to develop new stress-tolerant pumpkin varieties suitable for growing in the conditions of South of Ukraine. **Methods.** Laboratory, field measurement and calculation, comparative methods, and

mathematical and statistical analysis were used. During the seedling growth period, the plants were subjected to ultraviolet irradiation (wavelength range 320–280 nm) using a UVD 150 PT2398 30W/G30 T8 (UVB-3W) ultraviolet lamp, with an exposure time of five hours. **Results.** The genotypes were evaluated for their adaptive capacity, stability and plasticity. The following were determined: general adaptive capacity (GAC), specific adaptive capacity (SAC), relative genotype stability (Sgi), plasticity (bi), genotype selection value (GSV) based on the traits “drought tolerance”, “heat tolerance”, “plant productivity” and “fruit quality”. Samples exhibiting a high level of adaptability were identified: sample L 67 (Yuvilei F₅) was selected for its high drought tolerance (SAC = 39.1; GSV = 1.9). Altair was the best variety in high heat resistance (SAC = 4.8; GSV = 59). The sample L 61 (Winter Liquorice F₅) was selected for its higher yield (12.4 kg/plant; SAC = 1.8; GSV = 5). L 72 (Jane de Paris F₅) was selected for its dry soluble solids content in the fruit (SAC = 0.3; GSV = 65). The samples studied are characterised by high stability (Sgi = 10.6–13.1%), with the highest value obtained for sample L 61 (Winter Sweet F₅). Sample L 67 (Yuvilei F₅) was noted for its high ecological plasticity (bi = 0.1); in the other samples, bi = 0.6–3.0, which is characteristic of high-yielding varieties. **Conclusions.** We assessed pumpkin samples for their adaptability and selected the best genotypes with a view to developing new stress-tolerant, high-yielding varieties for the South of Ukraine.

Key words: pumpkin, heat resistance, drought resistance, UV-radiation, yield, fruit quality.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЛІСОВОЇ СЕЛЕКЦІЇ В УМОВАХ ВІННИЧЧИНИ

НЕЙКО І.С. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-4473-540X
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Лісова селекція відіграє ключову роль для підвищення продуктивності деревостанів. Саме підвищення продуктивності лісових насаджень є одним із основних завдань сучасного лісового господарства. Поряд із цим, у останні десятиліття спостерігаються негативні тенденції щодо зміни навколишнього середовища. До них слід віднести глобальні кліматичні зміни, які призводять до підвищення температурного режиму зменшення кількості опадів. У зв'язку із цим лісові селекційні об'єкти сьогодні можуть забезпечувати не лише високу продуктивність деревостанів, але й відігравати ключову роль для підвищення стійкості лісів до негативних чинників навколишнього середовища. Поряд із цим залишаються актуальними питання оцінювання стану та збереженості селекційних об'єктів з метою їх подальшого використання для лісовідновлення та лісорозведення і вирощування не лише високопродуктивних, але й біологічно стійких деревостанів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи щодо створення об'єктів лісової селекції в умовах Вінниччини були розпочаті у 1960-их роках під керівництвом Василя Білоуса [1–5]. Впродовж наступних 20-ти років було відібрано та створено найбільшу кількість селекційних об'єктів. Основна увага була повернута до дуба звичайного як основної лісотвірної породи. Початкові роботи щодо відбору «плюсових» дерев були проведені у 1963–1980-их роках [2, 5]. На початковому етапі запропоновано відбирати найкращі за станом та продуктивністю лісові насадження із переважанням дуба звичайного у регіоні. Як правило, підбирали стиглі та пристигаючі високобонітетні насадження. Під час польових робіт увага була привернута до найкращих дерев, які за критеріями наближалися до «плюсових». Основними параметрами зазначених дерев були висока продуктивність за діаметром та висотою, відповідні якісні характеристики та добрий стан. На наступному етапі здійснювали порівняння характеристик відібраних дерев відповідно до зазначених показників, а також відбирали найкращі екземпляри. У насадженнях також закладали пробні площі для проведення порівняння середніх таксаційних показників із визначеними параметрами дерев [4, 5].

На даний час більшість наукових досліджень щодо оцінювання стану та ефективності використання об'єктів лісової селекції стосуються: розробки найбільш оптимальних технологій створення плантацій; розробки та удосконалення схем змішування генотипів

на плантаціях; підвищення репродуктивних функцій; оптимізація вирощування лісонасінневих плантацій; запровадження найбільш ефективних заходів щодо захисту плантацій від шкідників та хвороб лісу; розробки та удосконалення методів щеплення [4, 7–12].

Результати досліджень. Перші плюсові дерева в умовах Вінниччини були відібрані у 1963-му році. До 1967-го року було зареєстровано 50 дерев, які відповідали показникам «плюсових». До Державного реєстру, станом на 1970-й рік, було занесено близько 220-ти плюсових дерев дуба звичайного [4].

У 1960-их – 1970-их роках розроблено засади щодо переходу лісового господарства на селекційну основу. Це передбачало створення та використання лісових селекційних об'єктів у межах лісогосподарських підприємств та подальше їх впровадження у лісогосподарську практику. У межах лісогосподарських підприємств почали створювати об'єкти постійної лісонасінневої бази (ПЛНБ). Ці об'єкти забезпечували лісові господарства селекційно покращеним лісовим насінням для лісовідновлення та лісорозведення. До основних об'єктів ПЛНБ було включено: лісові генетичні резервати, плюсові насадження, плюсові дерева, лісонасінневі плантації та інші об'єкти лісової селекції. Впродовж 1970–1980-их років були розроблені та удосконалені методики і технології щодо відбору та створення селекційних об'єктів в Україні [1–5, 8]. Завдяки проведенню науково-дослідним роботам у практику лісового господарства впроваджувалися засади елітного лісового насінництва, а саме лісове господарство переходило на селекційну основу. Такі заходи передбачали максимальне використання об'єктів постійної лісонасінневої бази.

Упродовж 2004–2008 рр. проведено польові роботи щодо оцінювання стану, росту та розвитку відібраних «плюсових» дерев. Інвентаризацію зроблено науковими співробітниками ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція» [7]. Зазначені дослідження були виконані під час реалізації міжнародного проєкту «Генетичні ресурси широколистяних порід у південно-східній Європі». Відповідно до проведених польових досліджень виявлено, що більшість відібраних у минулому плюсових дерев (близько 80%) відрізняються добрим ростом станом та збереженістю. Значних ознак щодо їх пошкодження та всихання не виявлено. Інша частина дерев (близько 20%) потребує заміни. Частина дерев, внаслідок незадовільного стану та селекційної оцінки, потребує списання та заміни [7, 10].



Впродовж минулих років було проведено польові обстеження щодо стану, росту та розвитку плюсових дерев. Зокрема, загальна кількість дерев, які були обстежені становила 124. Найбільша кількість дерев зосереджена у межах лісового фонду колишнього Крижопільського лісового господарства де зосереджено 36 плюсових дерев. Значно менше плюсових дерев зосереджено у межах лісового фонду колишніх Тульчинське лісомисливське господарство (26 дерев) та Чечельницьке лісове господарство (21 дерево). У більшості інших лісгосподарських підприємств кількість плюсових дерев коливається у межах 11–13 дерев. За результатами проведених польових досліджень встановлено, що більшість дерев характеризується високою продуктивністю, добрим станом ростом та розвитком [10].

Наступним важливим етапом селекційного процесу є тестування відібраних «плюсових» дерев. З метою оцінювання генетичних властивостей плюсових дерев на предмет прояву фенотипу чи генотипу, були закладені випробні культури. В умовах Поділля закладання випробних культур для дослідження особливостей росту та розвитку було проведено під керівництвом Василя Білоуса. Роботи щодо закладання перших ділянок були розпочаті у 1976–1980 рр. У цей час були закладені ділянки випробних культур у Тернопільській, Хмельницькій та Вінницькій областях [1–5]. На даний час у межах Вінниччини наявні дві ділянки випробних культур, які розташовані у межах Вінницького надлісництва.

У основному, підходи щодо оцінювання критеріїв потомства плюсових дерев визначалися енергією їх росту, розвитку, стану та якісної структури. Поряд із цим, за результатами проведених досліджень, потомства здебільшого переважали не за усіма, а лише за окремими характеристиками [4].

У межах Вінницької області були створені дві ділянки випробних культур дуба звичайного були створені. Насадження були закладені у 1970–1980-их роках у межах Вінницького надлісництва. На ділянці випробних культур зосереджено потомства 20-ти плюсових дерев. Необхідно відмітити, що загальна площа ділянок та їх кількість у межах регіону є незначною. Загальне представництво генотипів відібраних плюсових дерев представлене незначною часткою у селекційних об'єктах. Так, за результатами проведеного аналізу встановлено, що на клонівих та родинних плантаціях, а також у випробних культурах представлено близько 30% усіх відібраних «плюсових» дерев. Іншим негативним аспектом є те, що ділянки випробних культур переважно були створені у однотипних лісорослинних умовах, що на даний час не дає можливості застосувати міжнародно визнані методики із оцінювання взаємодії «генотип-середовище» та відібрати не лише високопродуктивні, але й стійкі до умов середовища генотипи.

Одними із ключових об'єктів для отримання селекційно покращеного лісового насіння є лісонасіннівеї плантації. На даний час розрізняють родинні, клоніві, родинно-клоніві, архівно-маточні, гібридні та інші лісонасіннівеї плантації [2, 3, 9, 11].

В умовах Вінниччини перша клонова плантація дуба звичайного була створена під керівництвом Василя

Білоуса у 1967-му році. Клонова плантація була створена на «підщепних» лісових культурах. Було використано розроблений оригінальний метод щеплення – «щеплення у мішок». Зазначений методи передбачав використання політиленових пакетів, які накривали пагін зверху. Таким чином досягався вищий рівень успішності зростання підщепи та прищепи [1–5].

Слід зазначити, що на початкових етапах створення плантацій мало уваги приділяли фенологічним формам дерев. Тому, часто такі плантації були представлені щепленими деревами різних фенологічних форм (рання, пізня), що у значній мірі знижувало інтенсивність насіннєвої продуктивності плантацій. Це було зумовлено різними періодами фенологічних фаз, зокрема, різницею у термінах пилкування, формування зав'язей та плодоношення. Тому, у межах Вінниччини у 1970–1980-их роках були створені клоніві плантації ранньої та пізньої фенологічних форм.

До основних методів закладання лісонасіннівеїх плантацій відносяться: використання «підщепних» лісових культур; використання звичайних виробничих культур (вимагають проведення подальшого зрідження); використання щеплених рослин. Якщо у минулому акцент робився саме на використанні лісових культур для подальшого щеплення то сьогодні переважає метод закладання плантацій шляхом використання щеплених саджанців, зокрема, із закритою кореневою системою. Останній метод дає можливість не лише використовувати рослини, які успішно пройшли щеплення, але й забезпечити їх успішну приживлюваність на ділянці.

Клоніві плантації із загальною комбінаційною здатністю (КПЗКЗ) було запропоновано створювати шляхом використання живців, заготовлених із «елітних» дерев. «Елітні» дерева виділялися на основі дослідження енергії росту напівсібсового потомства відібраних «плюсових» дерев. Клоніві плантації із специфічною комбінаційною здатністю (КПСКЗ) передбачали використання клонів, які за умови контрольованого схрещування відрізнялися підвищеним гетерозисним ефектом. Отримання та використання заготовленого лісового насіння на КПСКЗ дає можливість отримати лісове насіння високої селекційної цінності. За умови представництва достатньо великої кількості генотипів на таких плантаціях виникає можливість вирощування лісових культур, які характеризуються високою продуктивністю та стійкістю до умов середовища. Вважається, що саме створення лісонасіннівеїх плантацій із високим рівнем комбінаційної здатності та достатнім представництвом клонів є одним із основних аспектів розвитку лісової селекції та плантаційного насінництва [8, 13].

У європейських країнах виділяли також лісонасіннівеї плантації проміжного генетичного рівня, до якого віднесені плантації «1,5 генерації». Термін «лісонасіннівеї плантації 1,5 генерації» вперше було запроваджено у європейських країнах у 1884-му році. Зазначені плантації отримані шляхом видалення клонів із гіршими селекційними якостями. Клоніві лісонасіннівеї плантації «1,5 генерації» почали активно формувати наприкінці 1990-их років у Фінляндії. У подальшому вони активно

впроваджувалися та використовувалися у Польщі, Швеції, Німеччині, США та інших країнах [8, 13].

Частина науковців вважає, що висока родючість ґрунтів може бути причиною високої інтенсивності росту дерев, проте може призвести до зниження їх репродуктивних функцій. Інші дослідження констатують протилежне: створення плантацій у кращих умовах родючості та зволоженості ґрунту може сприяти підвищенню насінневої продуктивності дерев. Поряд із цим зазначається, що створення плантацій на крайній межі природного ареалу того чи іншого виду може призвести до суттєвої втрати насінневої продуктивності [1, 3, 4, 13].

Досвід показує, що створення плантацій на землях сільськогосподарського призначення може мати позитивний результат. Таким прикладом, є родинні плантації, створені в умовах колишнього Бершадського лісового господарства (сьогодні Тульчинське надлісництво, Бершадське лісництво). Із розробкою та впровадженням сучасної техніки у лісовому господарстві удосконалюються також методи догляду за лісовими культурами. Так, продовж останніх років усе частіше впроваджуються у практику удосконалене навісне обладнання так звані «мульчери». Застосування такої техніки дозволяє проводити догляди у міжряддях, де присутня поросль, тонкомірною деревною та чагарниковою рослинністю. Використання зазначеної техніки значно прискорює та удосконалює процес догляду за лісонасінними плантаціями.

На сьогоднішній час у межах Вінницької області загальна площа лісових генетичних резерватів становить 1286,0 га. Площа плюсових насаджень складає 530,3 га. За даними Державного реєстру у Вінницькій області налічується близько 150-ти плюсових дерев. Загальна площа лісонасінних плантацій (клонових, родинних) становить близько 60 га. За результатами проведеного аналізу, у Вінницькій області зосереджені найбільші площі лісових генетичних резерватів у порівнянні із іншими регіонами Поділля. Зокрема, частка лісових генетичних резерватів за площею відносно до загальної площі усіх областей становить близько 50%. Максимальна площа лісового генетичного резервату у межах Вінницької області складає 204 га, а середньою є близько 80 га [7, 9, 10].

Отже, за результатами проведеного аналізу особливостей створення, стану та формування лісових генетичних об'єктів необхідно: активізувати роботи щодо створення нових об'єктів лісової селекції (у першу чергу провести роботи щодо закладання випробних культур); збільшити площі лісових генетичних резерватів за рахунок відведення нових насаджень; активізувати заходи щодо покращення стану лісонасінних плантацій та їх репродуктивної здатності; для збереження генотипів створити нові архівно-маточні плантації.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що об'єкти лісової селекції перебувають переважно у задовільному стані. Лісонасінні плантації потребують проведення заходів щодо підвищення їх насінневої продуктивності. Представництво генотипів

плюсових дерев у об'єктах лісової селекції становить близько 30% що є недостатнім. Є доцільним створення випробних культур у різних лісорослинних умовах з метою відбору кращих генотипів за їх продуктивністю та стійкістю до умов середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білоус В.І. Дуб звичайний в лісах України : монографія. Вінниця : Книга-Вега, 2009. 176 с.
2. Білоус В.І. Принципи створення клонових лісонасінних плантацій дуба. *Лісове господарство, лісова, паперова та деревообробна промисловість*. 1969. № 2. С. 4–7.
3. Білоус В.І. Лісова селекція: підручник для ВНЗ. Умань : Уманське видавничо-поліграфічне підприємство, 2003. 534 с.
4. Білоус В.І. Селекція та насінництво дуба. Черкаси : ННТЕХІМ, 2004. 200 с.
5. Білоус В.І., Баксальєр В.П. Лісове елітне насінництво на Вінниччині. МЛГ УРСР. Одеса: Маяк, 1969. 44 с.
6. Василевський О.Г., Єлісавенко Ю.А., Нейко І.С., Монарх В.В. Сучасний стан природних дубових лісостанів ДП Вінницьке ЛГ. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 2. 2017. С. 129–139.
7. Василевський О.Г., Нейко І.С. Особливості виконання впровадження державної Програми розвитку лісонасінної справи у центральній частині України. *Сучасні агротехнології: тенденції та інновації: 2015 рік* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 17–18 лист. 2015 р. Вінниця: ВНАУ, 2015. Т.3. С. 252–255.
8. Настанови з лісового насінництва / УкрНДІЛГА. Харків, 1993. 60 с.
9. Нейко І.С., Василевський О.Г., Чоловський Ю.М. Стан генетичних резерватів та плюсових насаджень Вінниччини. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: сільськогосподарські науки*. 2012. № 7 (49). С. 139–143.
10. Нейко І.С., Єлісавенко Ю.А., Смашнюк Л.В. 2012. Аналіз стану та розвитку постійної лісонасінної бази Вінницької області. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: сільськогосподарські науки*. 2012. № 6 (68). С. 160–167.
11. Нейко І.С., Василевський О.Г., Смашнюк Л.В., Лось С.А., Колчанова О.В. Збереження генофонду дуба звичайного у генетичних резерватах та плюсових насадженнях Вінниччини. *Екологічний контроль і моніторинг стану дубових лісів Поділля та особливості їх природного відновлення* : матеріали 1-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 20-22 трав. 2015 р., Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2015. С. 65–71.
12. Нейко І.С., Монарх В.В. Особливості цвітіння, формування зав'язей та плодоношення дуба звичайного на клоновій плантації в умовах Вінниччини. *Вісник Уманського Національного університету садівництва*. 2017. № 1. С. 101–104.
13. Ткач В.П., Лось С.А., Терещенко Л.І., Торосова Л.О., Висоцька Н.Ю., Волосянчук Р.Т. Сучасний стан та перспективи розвитку лісової селекції в Україні. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2013. № 123. С. 3–12.

REFERENCES:

1. Bilous V.I. (2009). Dub zvychnyi v lisakh Ukrainy [Common oak in the forests of Ukraine]. Vinnytsia : Knyha-Veha, 176 p. [in Ukrainian].
2. Bilous V.I. (1969). Pryntsypy stvorennia klonovykh lis-onasinnievych plantatsii duba [Principles of creating oak clonal seed orchards]. Lisove hospodarstvo, lisova, paperova ta derevoobrobna promyslovist. № 2. 4–7. [in Ukrainian].
3. Bilous V.I. (2003). Lisova selektsiia: pidruchnyk dlia VNZ [Forest breeding: a textbook for universities]. Uman: Umanske vydavnycho-polihrafichne pidpriemstvo. 534 p. [in Ukrainian].
4. Bilous V.I. (2004). Seleksiia ta nasinnystvo duba [Tree breeding and planting of oak]. Cherkasy : NIITEKhIM. 200 p. [in Ukrainian].
5. Bilous V.I., Baksaliar V.P. (1969) Lisove elitne nasinnystvo na Vinnychchyni [Forest elite seed production in Vinnytsia region]. Odesa : Maiak. 44 p. [in Ukrainian].
6. Vasylevskyi O.H., Yelisavenko Yu.A., Neiko I.S., Monarkh V.V. (2017). Suchasnyi stan pryrodnykh dubovykh lisostaniv DP Vinnytske LH [Current state of natural oak forests of the Vinnytsia Forestry Enterprise]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. № 2. P. 129–139. [in Ukrainian].
7. Vasylevskyi O.H., Neiko I.S. (2015) Osoblyvosti vykonannia vprovadzhennia derzhavnoi Prohramy rozvytku lisonasinnnoi spravy u tsentralnii chastyni Ukrainy [Peculiarities of the implementation of the State Program for the Development of Forest Seed Industry in the Central Part of Ukraine]. Materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. Vinnytsia : VNAU. T. 3. P. 252–255. [in Ukrainian].
8. Nastanovy z lisovoho nasinnystva (1993). [Guidelines for forest seed production]. Kharkiv: UkrNDILHA, 60 p. [in Ukrainian].
9. Neiko I.S., Vasylevskyi O.H., Cholovskyi Yu.M. (2012). Stan henetychnykh rezervativ ta plusovykh nasadzen Vinnychchyni [The state of genetic reserves and forest “plus” stands in Vinnytsia region]. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynogo universytetu. Seriya: silskohospodarski nauky. № 7 (49). P.139–143. [in Ukrainian].
10. Neiko I.S., Yelisavenko Yu.A., Smashniuk L.V. (2012). Analiz stanu ta rozvytku postiinoi lisonasinnnoi bazy Vinnytskoi oblasti [Analysis of the status and development of the permanent forest seed base of Vinnytsia region.]. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynogo universytetu. Seriya: silskohospodarski nauky. № 6 (68). P. 160–167. [in Ukrainian].
11. Neiko I.S., Vasylevskyi O.H., Smashniuk L.V., Los S.A., Kolchanova O.V. (2015). [Zberezhennia henofondu duba zvychnoho u henetychnykh rezervatakh ta plusovykh nasadzhenniakh Vinnychchyni]. Preservation of the gene pool of common oak in genetic reserves and forest “plus” stabds of Vinnytsia region. Ekologichnyi kontrol i monitorynh stanu dubovykh lisiv Podillia ta osoblyvosti yikh pryrodnoho vidnovliennia: materialy 1-yi Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Vinnytsia: FOP Korzun D.Iu. P. 65–71. [in Ukrainian].
12. Neiko I.S., Monarkh V.V. (2017). Osoblyvosti tsvitinnia, formuvannia zaviaziei ta plodonoshennia duba zvychnoho na klonovii plantatsii v umovakh Vinnychchyni [Peculiarities of flowering, ovary formation and fruiting of common oak on a clonal plantation in the conditions of Vinnytsia]. Uman: Visnyk Umanskoho Natsionalnoho universytetu sadivnytstva, 1, 101–104. [in Ukrainian].
13. Tkach V.P., Los S.A., Tereshchenko L.I., Torosova L.O., Vysotska N.Iu., Volosianchuk R.T. (2013). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku lisovoi selektsii v Ukraini [Current state and prospects for the development of forest selection in Ukraine]. Kharkiv: Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia, 123, 3–12 [in Ukrainian].

Нейко І.С. Особливості створення та використання об'єктів лісової селекції в умовах Вінницьчини

Мета. Лісові селекційні об'єкти є важливим джерелом отримання лісового насіння покращеної селекційної якості. Саме ці об'єкти є ключовими для вирощування високопродуктивних та стійких до умов середовища деревостанів. Поряд із цим, відмічаються тенденції щодо погіршення сучасного стану об'єктів лісової селекції. Це не дає можливості у повній мірі використовувати генетичний потенціал. Тому, на даний час питання оцінювання стану та функціональної придатності лісових селекційних об'єктів є одним із основних. Мета роботи – провести аналіз особливостей відбору та створення лісових селекційних об'єктів, а також оцінити їх сучасний стан для підвищення ефективності їх використання.

Методи. Дослідження проведені на основі теоретичного аналізу та попередньо проведених польових досліджень об'єктів лісової селекції у межах Вінницької області.

Результати. У результаті проведених досліджень встановлено, що об'єкти лісової селекції у межах Вінницької області представлені лісовими генетичними резерватами, плюсовими насадженнями, плюсовими деревами, клоновими, родинними та архівно-маточними плантаціями переважно основної лісотвірної породи – дуба звичайного. Більшість селекційних об'єктів перебувають у задовільному стані. Лісонасіннєві плантації дуба звичайного характеризуються низькою насінневою продуктивністю. Виникає необхідність щодо створення додаткових об'єктів лісової селекції, зокрема випробних культур.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що об'єкти лісової селекції перебувають переважно у задовільному стані. Лісонасіннєві плантації потребують проведення заходів щодо підвищення їх насінневої продуктивності. Представництво генотипів плюсових дерев у об'єктах лісової селекції становить близько 30% що є недостатнім. Є доцільним створення випробних культур у різних лісорослинних умовах з метою відбору кращих генотипів за їх продуктивністю та стійкістю до умов середовища.

Ключові слова: лісова селекція, стан, лісове насіння, генотип, продуктивність, стійкість.

Neyko I.S. Features of the creation and use of forest breeding objects in the Vinnytsia region

Purpose. Forest breeding objects are an important source of obtaining forest seeds of improved breeding quality. These objects are key for growing highly productive and environmentally resistant forest stands. Along with this, there are trends towards the deterioration of the current state of forest breeding objects. This does not allow to fully use the genetic potential. Therefore, at present, the issue of assessing the state and functional suitability of forest breeding objects is one of the main ones. The purpose of the work is to analyze the features of the selection and

creation of forest breeding objects, as well as assess their current state to increase the efficiency of their use.

Methods. The research was conducted on the basis of theoretical analysis and previously conducted field studies of forest breeding sites within the Vinnytsia region.

Results. As a result of the conducted research, it was established that the objects of forest selection within the Vinnytsia region are represented by forest genetic reserves, "plus" stands, "plus" trees, clonal and seedling seed orchards, family and archive of clones of the main forest-forming species – common oak. Most of the selection objects are in satisfactory condition. Forest seed orchards of common oak are characterized by low seed

productivity. There is a need to create additional forest selection objects, in particular progeny tests.

Findings. According to the results of the conducted research, it was established that the forest breeding objects are mostly in satisfactory condition. Forest seed orchards require measures to increase their seed productivity. The representation of genotypes of "plus" trees in forest breeding objects is about 30%, which is insufficient. It is advisable to create progeny tests in different forest conditions in order to select the best genotypes for their productivity and resistance to environmental conditions.

Key words: forest breeding, condition, genotypes, forest seed, productivity, stability.

Дата першого надходження статті до видання: 14.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ПОСУХОСТІЙКІСТЬ ВИДІВ РОДУ *HYDRANGEA* L. ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ ТА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

ОСІПОВ М.Ю., кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-7004-1164

Уманський національний університет

Постановка проблеми. Підвищені температури повітря упродовж вегетаційного періоду є важливим абіотичним чинником, який може обмежувати ріст, розвиток і декоративні якості рослин. Важливою умовою успішної інтродукції та тривалого культивування рослин є їх здатність адаптуватися до несприятливих факторів довкілля, зокрема до дефіциту вологи та високих температур [1, 2]. Стійкість до посухи належить до ключових адаптивних ознак інтродукованих видів поряд із морозо- та зимостійкістю, оскільки забезпечує підтримання фізіологічних процесів на належному рівні за несприятливих умов середовища [3, 4]. Посуха являє собою комплекс екологічних чинників, які порушують водний баланс рослинного організму та спричиняють розвиток водного дефіциту. Наслідком цього є пригнічення фізіолого-біохімічних процесів, уповільнення росту і розвитку рослин, а за тривалої та інтенсивної дії посухи – часткове або повне їх відмирання [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Глобальні кліматичні зміни, які супроводжуються підвищенням температури повітря та нерівномірним розподілом атмосферних опадів, зумовлюють зростання ризику негативного впливу абіотичних чинників на ріст і розвиток рослин [5–7].

За даними О.М. Коркуленко [8], рослини гортензії здатні переносити короткочасні посушливі періоди без істотних морфологічних пошкоджень або з незначним в'яненням листків у денні години. Водночас зі збільшенням тривалості посухи знижується загальний вміст води у листках і зростає водний дефіцит, проте представники роду *Hydrangea* L. характеризуються здатністю відновлювати обводненість тканин після послаблення дії стресового чинника [8, 9]. Реакція окремих видів і культиварів на тривалий дефіцит вологи є неоднаковою. Зокрема, з'ясовано, що внаслідок тривалої літньої посухи рослини *H. bretschnederi* наприкінці серпня частково втрачають листя, проте більшість видів і культиварів гортензії продемонструють достатньо високий рівень посухостійкості [8].

За даними І.А. Зайцевої [10] представники роду *Hydrangea* L. належать до групи рослин із невисокою посухостійкістю. Водночас дослідження О.М. Коркуленко [11] показали, що в умовах м. Києва більшість видів і культиварів гортензії характеризуються середнім рівнем посухостійкості. Найнижчу оцінку за показником посухостійкості отримала *H. bretschnederi* (3,0 бала), тоді як найвищими показниками відзначалися

H. paniculata, *H. paniculata* 'Grandiflora' та *H. paniculata* 'Limelight' (4,3 бала).

Встановлено, що короткочасний дефіцит вологи рослини переносять без істотних морфологічних пошкоджень або з тимчасовим в'яненням листків у денні години. За тривалої дії посухи спостерігається зниження вмісту води в листках і зростання водного дефіциту, однак рослини здатні відновлювати водний баланс після послаблення стресового чинника.

Сучасний асортимент гортензій поповнився сортами, які характеризуються підвищеною стійкістю до дефіциту вологи. Зокрема, *H. quercifolia* вважається одним із найбільш посухостійких видів роду. Серед представників *H. paniculata* також відзначено сорти, які краще адаптовані до посушливих умов порівняно з іншими видами гортензій. Сорт *H. macrophylla* 'Alpenglühchen' характеризується відносно високою посухостійкістю, хоча представники *H. macrophylla* загалом є більш вимогливими до забезпечення вологою та потребують додаткового захисту в зимовий період [11].

Мета досліджень. Оцінити посухостійкість видів і сортів гортензії з метою визначення найбільш стійких таксонів для використання в озелененні в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Оцінювання посухостійкості видів роду *Hydrangea* L. проводили упродовж 2021–2024 років в Уманському національному університеті МОН та у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України у польових умовах упродовж вегетації рослин.

Дослідження проводили з видами та сортами гортензії великолистої (*H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. macrophylla* 'Alpenglühchen'), волотистої (*H. paniculata* 'Grandiflora', *H. paniculata* 'Diamant Rouge'), деревоподібної (*H. arborescens* 'Annabelle', *H. arborescens* 'Arborescens') та дуболистої (*H. quercifolia* 'Alice').

Посухостійкість визначали візуально у польових умовах за п'ятибальною шкалою Кушниренко М.Д. та ін. [12], відповідно до якої: 0 – рослина гине від посухи; 1 – листки опадають, усихають кінці пагонів; 2 – усихає половина всіх листків на рослині й частина пагонів; 3 – пошкоджується менша частина всіх листків на рослині; 4 – у денні години листки втрачають тургор, в'януть, але за ніч відновлюють його; 5 балів – рослина не реагує на посуху.

Територія досліджень характеризується помірно континентальним кліматом із середньорічною



температурою повітря $+7,0...+7,7$ °С. Найнижчі середньомісячні температури повітря характерні для січня ($-5,6...-6,1$ °С), а найвищі – для липня ($+19,2...+20,8$ °С). Абсолютний мінімум температури повітря досягає $-34...-38$ °С. Найвищі температурні показники ($+36...+39$ °С) зазвичай фіксуються у липні–серпні (рис. 1).

Територія дослідження розміщена у зоні нестійкого зволоження, для якої характерна значна мінливість річної кількості атмосферних опадів, зокрема висока ймовірність посушливих років. Середньорічна сума опадів становить 470–490 мм, з яких упродовж вегетаційного періоду (за середньодобової температури повітря понад $+10$ °С) випадає лише 300–310 мм (рис. 2).

Для комплексної характеристики погодних умов використовували гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який враховує співвідношення між кількістю атмосферних опадів та температурним режимом за формулою [13]:

$$\text{ГТК} = \Sigma r / 0,1 \times \Sigma t,$$

де Σr – сума опадів (мм) за період з $t > 10$ °С;

Σt – сума температур (°С) за період з $t > 10$ °С.

Якщо значення коефіцієнта, близьке до 1,0, то це свідчить про оптимальне співвідношення тепла і вологи для росту та розвитку рослин. За значень ГТК менше 1,0 погодні умови характеризуються як посушливі, тоді як значення понад 1,0 вказують на надмірне зволоження (рис. 3).

Ґрунти території – чорноземи опідзолені важкосуглинковані грудкувато-пилюватої структури. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту – 0-30 см – 3,31 %. Гумусовий профіль становить 0-39 см. Вміст рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті відповідає групі середньої забезпеченості (80–130 мг/кг). Ґрунтовий розчин має нейтральну реакцію із показником рН 6,5–6,7.

Статистичну обробку отриманих експериментальних даних здійснювали з використанням дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів за Фішером [14] відповідно до загальноприйнятої методики [15].

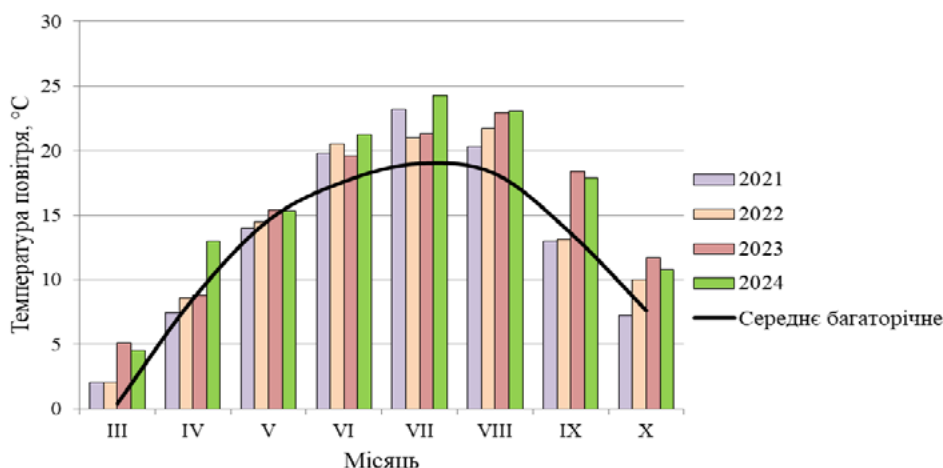


Рис. 1. Середня температура повітря за період спостережень, 2021–2024 рр.

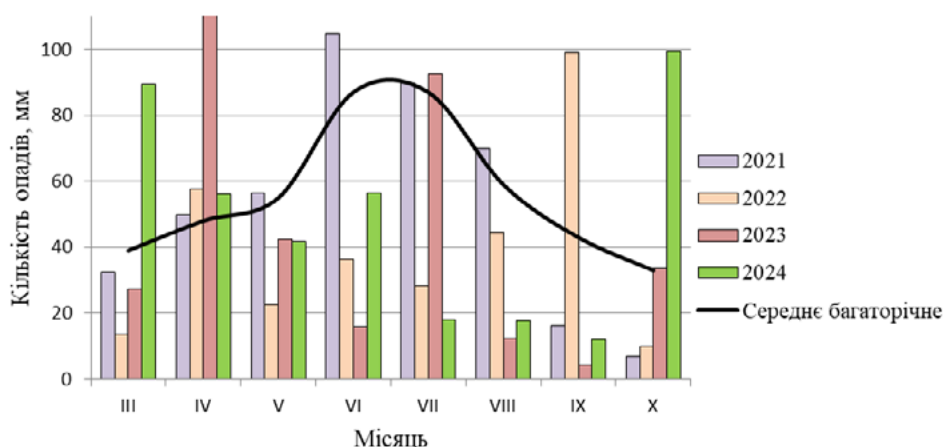


Рис. 2. Кількість опадів за період спостережень, 2021–2024 рр.

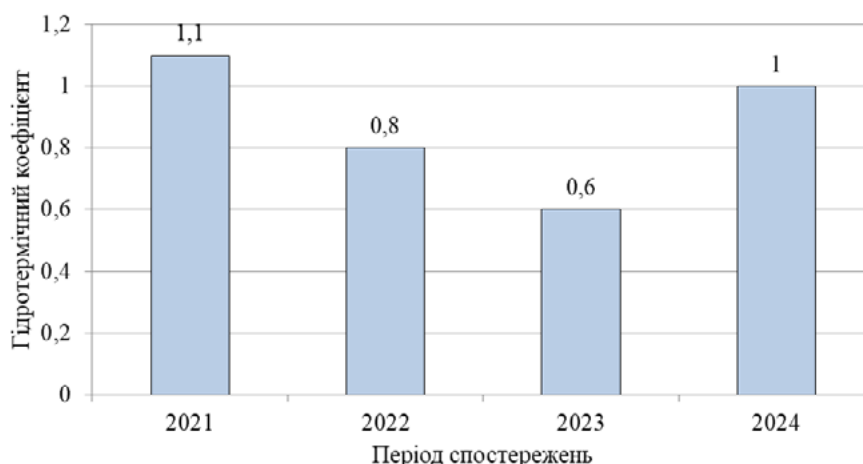


Рис. 3. Гідротермічний коефіцієнт за роками дослідження, 2021–2024 рр.

Результати досліджень. Кліматичні умови вегетаційних періодів 2021 та 2024 років характеризувалися близьким до оптимального співвідношення тепла і вологи. Значення гідротермічного коефіцієнта становили відповідно 1,1 та 1,0, що свідчить про сприятливі умови для росту й розвитку рослин. У 2021 році посушливі умови спостерігалися лише у вересні, тоді як протягом решти вегетаційного періоду рівень зволоження був достатнім. За таких умов у досліджуваних генотипів відзначали лише незначне в'янення листків у денні години та поодинокі морфологічні пошкодження.

У 2022 та 2023 роках значення гідротермічного коефіцієнта знизилися до 0,8 та 0,6 відповідно, що характеризує ці роки як посушливі. Лише окремі місяці (липень і вересень) відзначалися надмірним зволоженням, тоді як протягом більшої частини вегетаційного періоду спостерігався дефіцит вологи, який спричиняв в'янення та часткове опадання листків. Незважаючи на несприятливі погодні умови, досліджувані генотипи зберігали достатньо високий рівень стійкості до посухи. За результатами оцінювання їх посухостійкості становила від 4,0 до 4,5 бала за п'ятибальною шкалою, що свідчить про високий адаптаційний потенціал до умов дефіциту вологи (табл. 1).

Встановлено, що реакція генотипів на посушливі умови була неоднаковою. Найнижчі показники посухостійкості відзначено у *H. arborescens* 'Annabelle', *H. macrophylla* 'Nikko Blue' та *H. macrophylla*

'Alpenglühén', які отримали 3,0–3,5 бала за показником посухостійкості, що відповідало пошкодженню незначної частини листків рослин. Вищою стійкістю характеризувалися *H. arborescens* 'Arborescens', *H. paniculata* 'Grandiflora' та *H. paniculata* 'Diamant Rouge', у яких у денні години спостерігалася втрата тургору та в'янення листків, проте вночі рослини повністю відновлювалися. Найвищу посухостійкість виявлено у *H. quercifolia* 'Alice' (4,5 бала), рослини якої практично не реагували на дефіцит вологи.

Отримані результати вказують на те, що всі досліджувані генотипи належать до групи посухостійких рослин і можуть бути використані як цінний вихідний матеріал у селекційних програмах зі створення нових сортів, адаптованих до умов недостатнього зволоження. Це набуває особливої актуальності в умовах сучасних кліматичних змін, що супроводжуються підвищенням температури повітря та збільшенням частоти посушливих періодів.

Кореляційно-регресійним аналізом виявлено тісний зв'язок між величиною гідротермічного коефіцієнта та показником посухостійкості рослин (рис. 4). Отримана залежність описується рівнянням лінійної регресії $y = 2,3051x + 1,7831$.

Значення коефіцієнта детермінації ($R^2 = 0,9113$) вказує на те, що 91,1 % варіації показника посухостійкості пояснюється змінами гідротермічного коефіцієнта, тоді як 8,9% зумовлені впливом інших чинників. Такі

Таблиця 1

Посухостійкість генотипів гортензії в умовах Правобережного Лісостепу

Генотипи гортензії	Посухостійкість, бал, за роками				Середнє за роками
	2021	2022	2023	2024	
<i>H. arborescens</i> Annabelle	4	3	3	4	3,5
<i>H. arborescens</i> Arborescens	5	3	3	5	4,0
<i>H. paniculata</i> Grandiflora	5	4	3	4	4,0
<i>H. paniculata</i> Diamant Rouge	5	4	4	4	4,3
<i>H. macrophylla</i> Nikko Blue	3	3	3	3	3,0
<i>H. macrophylla</i> Alpenglühén	4	3	3	4	3,5
<i>H. quercifolia</i> Alice	5	4	4	5	4,5

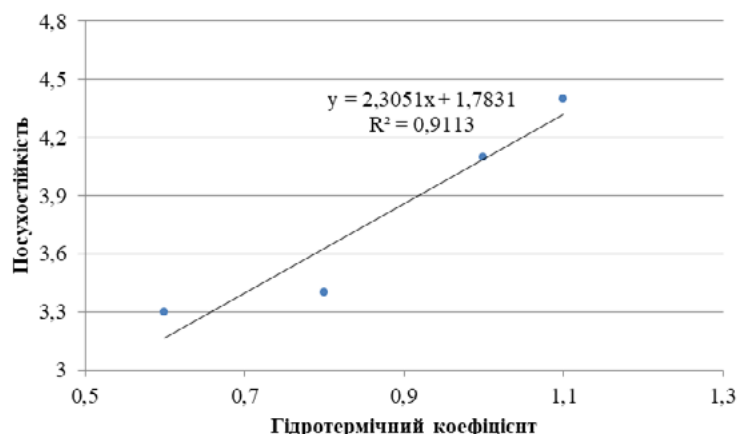


Рис. 4. Залежність посухостійкості рослин від гідротермічного коефіцієнту (2021–2024 рр.)

результати вказують на значний вплив гідротермічних умов на формування посухостійкості рослин.

Висновки. Встановлено, що всі досліджувані генотипи гортензії характеризуються достатньо високою посухостійкістю, рівень якої у засушливі 2022–2023 роки становив від 3,0 до 4,5 бала за п'ятибальною шкалою. Найвищі показники посухостійкості відзначено у *H. quercifolia* 'Alice' (4,5 бала) та *H. paniculata* 'Diamant Rouge' (4,3 бала), тоді як у *H. macrophylla* 'Nikko Blue' посухостійкість була найнижчою і відповідала 3,0 балам. У роки з оптимальним зволоженням (2021 та 2024 рр.) за гідротермічного коефіцієнта 1,1 та 1,0 рослини практично не зазнавали негативного впливу посухи. Кореляційно-регресійним аналізом встановлено позитивний зв'язок між гідротермічним коефіцієнтом і посухостійкістю рослин з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9113$. Такі результати вказують на те, що 91,1% варіації показника посухостійкості зумовлено гідротермічними умовами вегетаційного періоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Красовський В. В., Федько Р. М., Черняк Т. В. Життєві форми субтропічних рослин та їх модифікація за умови інтродукції в Лісостепу України. *Агро-екологічний журнал*. 2022. № 1. С. 23–31.
2. Зайцева І. О., Гудімов М. І. Водний статус інтродукованих видів роду *Viburnum* L. в ксеротермних умовах Правобережного степу України. *Наукові записки (Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя)*. 2025. № 4. С. 7–16.
3. Кохно М. А. Клени України. Київ : Наукова думка, 1982. 184 с.
4. Кірізії Д. А., Стасик, О. О. Вплив посухи і високої температури на фізіолого-біохімічні процеси та продуктивність рослин. *Фізіологія рослин і генетика*. 2022. Вип. 54, № 2. С. 95–122.
5. Kiriziy D., Kedruk A., Stasik O. Effects of drought, high temperature and their combinations on the photosynthetic apparatus and plant productivity. Regulation of Adaptive Responses in Plants. New York : Nova Sci. Publishers, 2024. 402 p.
6. Climate impact and adaptation to heat and drought stress of regional and global wheat production / D. N. L. Pequeno et al. *Environ. Res. Lett.* 2021. № 16. P. 054070.
7. Вплив посухи на фотоасиміляційну активність листків та продуктивність генетично модифікованих рослин пшениці з частковою супресією гена пролін-дегідрогенази / Д. А. Кірізії та ін. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Вип. 56, № 6. С. 495–514.
8. Коркуленко О. М. Водний режим листків інтродукованих видів і культиварів роду *Hydrangea* L. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2013. Вип. 187, Ч. 1. С. 75–80.
9. Паливода Ю. М., Гавій В. М. Фізіолого-біохімічні особливості формування адаптивної відповіді рослин в умовах водного дефіциту. *Наукові записки. Біологічні науки* (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя). 2023. № 1. С. 52–58.
10. Зайцева І. А. Водний баланс рослин родини Saxifragaceae в умовах степового Придніпров'я. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2006. Вип. 14. Т. 2. С. 72–78.
11. Коркуленко О. М. Водний режим листків інтродукованих видів і культиварів роду *hydrangea* L. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2013. Вип. 187, Ч. 1. С. 75–80.
12. Кушниренко М. Д., Курчатова Г. П., Крюкова Е. В. Методи оцінки посухостійкості плодових рослин. Кишинів : Штініца, 1975. 22 с.
13. Barsukova O., Husieva K., Zhygailo, O., Volvach, O., Kyrnasivska, N., Tolmachova, A., Zhygailo, T., Danilova, N., & Kostyukievych, T. (2024). The climate change impact on the development of droughts in Ukraine / A. et al. *Polevoy Journal of Ecological Engineering*. Vol. 25, № 6. P. 194–205.
14. Fisher R. A. Statistical methods for research workers. New Delhi : Cosmo Publications, 2006. 354 p.
15. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

REFERENCES:

1. Krasovskiy, V. V., Fedko, R. M., & Cherniak, T. V. (2022). Zhyttievi formy subtropichnykh roslyn ta yikh modyfykatsiya za umovy introduktsii v Lisostepu Ukrainy [Life forms of subtropical plants and their modification following introduction into the Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal*. No 1. P. 23–31. [in Ukrainian]
2. Zaitseva, I. O., & Hudimov, M. I. (2025). Vodnyi status introdukovanykh vydiv rodu *Viburnum* L. v kserotermnykh umovakh Pravoberezhnoho stepu Ukrainy [Water status of introduced species of the genus *Viburnum* L. under xerothermic conditions in the Right-Bank Steppe of Ukraine]. *Naukovi zapysky (Nizhynskiy derzhavnyi universytet imeni Mykoly Hoholia)*. No 4. P. 7–16. [in Ukrainian]
3. Kohn, M. A. Kleny Ukrainy [Maples of Ukraine] Kyiv, Nauk. dumka, 1982. 184 p. [in Ukrainian]
4. Kirizii, D. A., & Stasyk, O. O. (2022). Vplyv posukhy i vysokoi temperatury na fiziolohe-biokhimichni protsesy ta produktyvnist roslyn [The effect of drought and high temperatures on physiological and biochemical processes and plant productivity]. *Fiziologhiia roslyn i henetyka*. No 54(2) P. 95–122. [in Ukrainian]
5. Kirizii, D., Kedruk, A. & Stasik, O. (2024). Effects of drought, high temperature and their combinations on the photosynthetic apparatus and plant productivity. *Reg. Adapt. Res. Plants*. New York: Nova Sci. Publishers. P. 1–33. <https://doi.org/10.52305/TXQB2084>
6. Pequeno, D. N. L., Hernandez-Ochoa, I. M., Reynolds, M., Sonder, K., Molero Milan, A., Robertson, R. D., Lopes, M. S., Xiong, W., Kropff, M. & Asseng, S. (2021). Climate impact and adaptation to heat and drought stress of regional and global wheat production. *Environ. Res. Lett.* No 16. P. 054070. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd970>
7. Kirizii, D. A., Stasyk, O. O., Dubrovna, O. V., Sokolovska-Serhiienko, O. H., & Holoboroda, A. S. (2024). Vplyv posukhy na fotoasymiliatsiuu aktyvnist lystkiv ta produktyvnist henetychno modyfikovanykh roslyn pshe-nytsi z chastkovoju supresieiu hena prolindehidrogenazy [The effect of drought on the photosynthetic activity of leaves and the productivity of genetically modified wheat plants with partial suppression of the proline dehydrogenase gene]. *Fiziologhiia roslyn i henetyka*. Vyp. 56, No. 6. P. 495–514. <https://doi.org/10.15407/frg2024.06.495> [in Ukrainian].
8. Korkulenko, O. M. (2013). Vodnyi rezhym lystkiv introdukovanykh vydiv i kultivariv rodu *Hydrangea* L. [Water regime of leaves of introduced species and cultivars of the genus *Hydrangea* L.]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. Vyp. 187, No. 1. P. 75–80. [in Ukrainian].
9. Palyvoda, Yu. M., & Havii, V. M. (2023). Fiziolohe-biokhimichni osoblyvosti formuvannia adaptivnoi vidpovidi roslyn v umovakh vodnoho defitsytu [Physiological and biochemical characteristics of the development of adaptive responses in plants under water stress]. *Naukovi zapysky (Nizhynskiy derzhavnyi universytet imeni Mykoly Hoholia)*. No. 1. P. 52–58. [in Ukrainian].
10. Zaitseva, I. A. (2006). Vodnyi balans roslyn rodyny Saxifragaceae v umovakh stepovoho Prydniprov'ia [Water balance of plants of the Saxifragaceae family in the steppe region of the Dnieper]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu*. Vyp. 14. T. 2. P. 72–78. [in Ukrainian].
11. Korkulenko, O. M. (2013). Vodnyi rezhym lystkiv introdukovanykh vydiv i kultivariv rodu *Hydrangea* L. [Water regime of leaves of introduced species and cultivars of the genus *Hydrangea* L.]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. Vyp. 187(1). P. 75–80. [in Ukrainian]
12. Kushnyrenko, M. D., Kurchatova, H. P., & Kriukova, E. V. (1975). Metody otsinky posukhosti kosti plodovykh raslyn [Methods for Assessing the Drought Tolerance of Fruit Plants]. Kyshyniv : Shtinita, 22 p.
13. Polevoy, A., Barsukova, O., Husieva, K., Zhygailo, O., Volvach, O., Kyrnasivska, N., Tolmachova, A., Zhygailo, T., Danilova, N., & Kostyukievych, T. (2024). The climate change impact on the development of droughts in Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 25, No. 6. P. 194–205. <https://doi.org/10.12911/22998993/187276>
14. Fisher, R. A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications. 354 p.
15. Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6 [Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6]. *Metodychni vkazivky*. Kyiv. 55 p. [in Ukrainian]

Осіпов М.Ю. Посухостійкість видів роду *Hydrangea* L. залежно від генотипу та умов вирощування

Мета. Оцінити посухостійкість видів і сортів гор-тензії з метою визначення найбільш стійких таксонів для використання в озелененні в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Оцінювання посухостійкості видів та сортів роду *Hydrangea* L. проводили упродовж 2021–2024 рр. у польових умовах на базі Уманського національного університету та Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. Кліматичні умови за роки досліджень істотно відрізнялися за рівнем зволоження та тепловим режимом, що забезпечувало формування контрастних умов для оцінювання реакції рослин на стрес, зумовлений посухою. **Результати.** У роботі наведено результати оцінювання посухостійкості видів і сортів гортензії в умовах змінних кліматичних умов вегетаційного періоду. Встановлено, що досліджувані генотипи характеризуються достатньо високим рівнем стійкості до дефіциту води. За посушливих умов 2022 та 2023 років, з показником гідротермічного коефіцієнту на рівні 0,8 та 0,6, спостерігалися в'янення і часткове опадання листків, однак більшість досліджуваних генотипів зберігали високий рівень життєздатності. Найвищу посухостійкість виявлено у рослин *H. quercifolia* 'Alice' (4,5 бала) та *H. paniculata* 'Diamant Rouge' (4,3 бала). Значно нижчою була посухостійкість у *H. arborescens* 'Annabelle', *H. macrophylla* 'Nikko Blue' та *H. macrophylla* 'Alpenglühchen' та відповідала 3,0–3,5 балам. Кореляційно-регресійним аналізом встановлено тісний прямий зв'язок між величиною гідротермічного коефіцієнта та показником посухостійкості рослин, з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9113$, який вказує на те, що 91,1% варіації посухостійкості рослин зумовлено гідротермічними умовами. Результати досліджень підтверджують перспективність використання досліджених генотипів у селекційній роботі та озелененні регіонів із недостатнім зволоженням в умовах сучасних кліматичних змін.

Ключові слова: посуха, гідротермічний коефіцієнт, адаптивність, генотип, гортензії.

Osipov M.Yu. Drought tolerance of Hydrangea L. species depending on genotype and growing conditions

Purpose. To evaluate the drought tolerance of hydrangea species and cultivars to identify the most resilient taxa for use in landscaping under conditions of variable moisture in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The drought tolerance of species and cultivars of the genus *Hydrangea* L. was assessed during 2021–2024 under field conditions at Uman National University and the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine. Climatic conditions during the study period varied significantly in terms of moisture availability and temperature regime, providing contrasting conditions for assessing plant responses to drought-induced stress. **Results.** The study presents results of assessing drought tolerance in hydrangea species and cultivars under variable climatic conditions during the growing season. The investigated genotypes demonstrated a relatively high level of tolerance to water deficit. Under arid conditions

in 2022 and 2023, with hydrothermal coefficient values of 0.8 and 0.6, respectively, wilting and partial leaf shedding were observed; however, most genotypes maintained a high level of viability. The highest drought tolerance was observed in *H. quercifolia* ‘Alice’ (4.5 score) and *H. paniculata* ‘Diamant Rouge’ (4.3 score). Lower drought tolerance was recorded in *H. arborescens* ‘Annabelle’, *H. macrophylla* ‘Nikko Blue’, and *H. macrophylla* ‘Alpenglühchen’, with scores of 3.0–3.5. Correlation and regression analysis revealed a strong positive relationship between the hydrothermal coefficient and the plant drought tolerance index, with a coefficient of determination ($R^2 = 0.9113$), indicating that 91.1% of the variation in drought tolerance is explained by hydrothermal conditions. The results confirm the potential use of the studied genotypes in breeding programs and in landscaping of regions with insufficient moisture under current climate change conditions.

Key words: drought, hydrothermal coefficient, adaptability, genotype, hydrangea.

Дата першого надходження статті до видання: 14.08.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

УДК 634.23:581.19:581.19.1:631.527.5:631.576:477.7
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.40>

БІОХІМІЧНІ ТА БІОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПЛОДІВ НОВИХ ГІБРИДІВ ВИШНІ (*PRUNUS STRASUS* L.) В УМОВАХ ГІДРОТЕРМІЧНОЇ ДЕСТАБІЛІЗАЦІЇ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ЮСИПЕНКО Р.В. – аспірант
orcid.org/0009-0001-5449-3598

МАКАРОВА Д.Г. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2017-4203

Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Сучасний стан промислового садівництва України характеризується посиленням гідротермічної дестабілізації клімату, що виражається у стійкому зростанні суми активних температур та дефіциті вологозабезпечення в критичні фази вегетації [1]. Особливо вразливою до таких змін є вишня кисла (*Prunus cerasus* L.), яка в умовах Лісостепу дедалі частіше зазнає інерційного виснаження фотосинтетичного апарату, що призводить до деградації біохімічних показників плодів [14].

Традиційний сортимент, представлений такими сортами, як Мальва чи Любительська, за умов екстремальних гідротермічних навантажень останнього десятиліття не завжди забезпечує належний рівень метаболічної стабільності. Це зумовлює гостру потребу у створенні та впровадженні нових гібридних форм, здатних підтримувати високу якість врожаю за рахунок механізмів адаптивного концентрування біоактивних речовин [2]. Важливим аспектом сучасної селекції є перехід до прецизійних методів оцінювання генофонду, що базуються на інтеграції біофізичних параметрів і біохімічного складу плодів [4].

Особливого значення набуває ідентифікація сортів-еталонів, які в умовах аридизації здатні не лише нівелювати наслідки стресу, а й формувати продукцію з високим вмістом антиоксидантів та розчинних сухих речовин [6]. Проте зв'язок між енергетичним балансом дерева та підсумковим накопиченням цукрів і вітамінів у плодах у системі «стрес – репарація» залишається недостатньо вивченим [13].

Мета досліджень – проведення комплексного оцінювання біохімічних та біофізичних показників якості плодів нових гібридів вишні селекції ІС НААН (зокрема форм 1/21 та 1/20) у порівнянні з контрольними зразками для визначення їхнього адаптивного потенціалу в умовах кліматичної дестабілізації.

Об'єкти і методика. Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. у насадженнях сортовивчення Інституту садівництва НААН (м. Київ). Об'єкти – перспективні гібридні форми вишні кислої (*Prunus cerasus* L.) 2014 року садіння, щеплені, згідно вимогами вітчизняного сортовивчення, на антипку (*Prunus mahaleb* L.). Вибір контрольних зразків здійснювали згідно

з принципом диференціації за групами стиглості [3]. Слід зауважити, що представлений розподіл генотипів за групами стиглості є попереднім. Остаточна класифікація буде уточнена після завершення повного циклу досліджень у системі первинного сортовивчення, що дозволить врахувати багаторічну стабільність термінів проходження фенологічних фаз у контрастні за гідротермічним режимом років. Вишня сорту Любительська – умовний контроль для середньостиглої групи (еталон наукових колекцій ІС НААН); сорт Мальва – офіційний (районований) контроль для пізньостиглої групи, що характеризується високою сенситивністю до гідротермічного стресу [14]. Комплексне оцінювання біохімічних показників якості плодів здійснювали згідно з чинними державними стандартами та галузевими методиками [3, 10]. Вміст розчинних сухих речовин (РСР) визначали рефрактометричним методом згідно з ДСТУ ISO 2173:2007 [7]. Титровану кислотність встановлювали шляхом нейтралізації вільних кислот згідно з ДСТУ EN 12147:2003 [8]. Вміст аскорбінової кислоти (вітаміну С) визначали методом йодометричного титрування за ДСТУ 4357:2004 [7]. Сумарний вміст фенольних сполук встановлювали фотометричним методом з реактивом Фоліна-Деніса у модифікації ІС НААН [10]. Метеорологічний аналіз базувався на ретроспективному дослідженні даних метеопосту ІС НААН за період 1960–2026 рр. із використанням спеціалізованих картографічних та архівних матеріалів [11]. Оцінювання адаптивного потенціалу генотипів проводили за допомогою розробленого авторами Коефіцієнта метаболічної стійкості (КМС), що базується на аналізі динаміки накопичення розчинних сухих речовин (РСР) у контрастні за гідротермічним режимом роки [6].

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу згідно з галузевими рекомендаціями [10]. Розрахунки середніх значень, стандартного відхилення та найменшої істотної різниці (HP_{05}) проводили за допомогою програмного пакета Statistica 12.0 [11]. Для графічної візуалізації результатів використовували середовище програмування Python із застосуванням спеціалізованої бібліотеки Matplotlib [12].

Результати досліджень. Аналіз метеорологічних умов у період досліджень свідчить про значну



погодну нестабільність, обумовлену глобальною кліматичною дестабілізацією. Ми порівняли фактичні дані метеопосту ІС НААН із багаторічними нормами, зафіксованими у Кліматичному атласі України [11]. Аналіз гідротермічних умов проводився з урахуванням специфіки розташування дослідних насаджень у зоні Правобережного Лісостепу України (Київська обл.). Для встановлення об'єктивної кліматичної бази ми проаналізували динаміку зміщення норм за три історичні періоди. Базовий період охоплював 1960 Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу згідно з галузевими рекомендаціями [12]. Розрахунки середніх значень, стандартного відхилення та найменшої істотної різниці (HIP_{05}) проводили за допомогою програмного пакета Statistica 12.0 [13]. Для графічної візуалізації результатів використовували середовище програмування Python із застосуванням спеціалізованої бібліотеки Matplotlib [14].

Результати досліджень. Аналіз метеорологічних умов у період досліджень свідчить про значну погодну нестабільність, обумовлену глобальною кліматичною дестабілізацією. Ми порівняли фактичні дані метеопосту ІС НААН із багаторічними нормами, зафіксованими у Кліматичному атласі України [11]. Аналіз гідротермічних умов проводився з урахуванням специфіки розташування дослідних насаджень у зоні Правобережного Лісостепу України (Київська обл.). Для встановлення об'єктивної кліматичної бази ми проаналізували динаміку зміщення норм за три історичні періоди. Базовий період охоплював 1960–1990 рр.: САТ була у межах 2450–2550°C, опади – 420–440 мм. У 1991–2015 рр. метеорологічні служби нашої країни фіксували період інтенсивного потепління: САТ зросла до 2650–2850°C, опади стабілізувалися в межах 380–410 мм. Таким чином, усереднена історична норма, прийнята нами для порівняння, склала: САТ – 2700°C, опади – 405 мм (табл. 1). Результати нашого моніторингу зафіксували різкий вихід за межі навіть оновлених статистичних рамок. Зокрема, у 2023 році зафіксовано САТ на рівні 3210°C (на 510°C вище норми). Проте достатня кількість опадів (395 мм), дозволила перебувати рослинам вишні у стані фізіологічного комфорту. Умови вегетаційного періоду 2023 року були визначені нами як еталон для відмінного функціонального стану насаджень *Prunus cerasus* L.

1990 рр.: САТ була у межах 2450–2550°C, опади – 420–440 мм. У 1991–2015 рр. метеорологічні служби нашої країни фіксували період інтенсивного потепління: САТ зросла до 2650–2850 °C, опади стабілізувалися в межах 380–410 мм. Таким чином, усереднена історична норма, прийнята нами для порівняння, склала: САТ – 2700°C, опади – 405 мм (табл. 1). Результати

нашого моніторингу зафіксували різкий вихід за межі навіть оновлених статистичних рамок. Зокрема, у 2023 році зафіксовано САТ на рівні 3210°C (на 510°C вище норми). Проте достатня кількість опадів (395 мм), дозволила перебувати рослинам вишні у стані фізіологічного комфорту. Умови вегетаційного періоду 2023 року були визначені нами як еталон для відмінного функціонального стану насаджень *Prunus cerasus* L. (табл. 1)

Натомість 2024 рік виявився періодом екстремального погодного навантаження. САТ досягла рекордного значення 3894°C, що на 1100°C перевищує історичну норму і на 684°C – показники попереднього року. Ситуація набула критичного характеру через дефіцит вологи: за вегетацію випало лише 210 мм опадів (близько 50 % від норми). Найбільш жорсткий стрес припав на червень, під час фази активного наливу та дозрівання плодів вишні. У цей період випало лише 14 мм опадів (19% від місячної норми 72 мм). Показник гідротермічного коефіцієнта (ГТК) знизився до 0,45, що згідно з класифікацією Ермантраута [10, 12], відповідає умовам напівпустелі. Такий контраст між сприятливим 2023 та аномально посушливим 2024 роками створив унікальну наукову можливість для розрахунку авторського Коефіцієнта метаболічної стійкості (КМС), який відображає здатність рослин вишні утримувати енергетичний баланс під тиском середовища.

Математичне обґрунтування Коефіцієнта метаболічної стійкості (КМС). Для оцифрування реакції рослин на розглянутий вище погодний екстремум ми запровадили Коефіцієнт метаболічної стійкості (КМС), що базується на відношенні вмісту розчинних сухих речовин (РСР) у стресовий 2024 рік до їхнього вмісту в оптимальний 2023 рік.

$$КМС = \frac{РСР_{стрес}}{РСР_{норма}}$$

де: КМС – коефіцієнт метаболічної стійкості генотипу, відн. од.;

РСР_{стрес} – вміст розчинних сухих речовин у плодах за умов гідротермічного екстремуму (2024 р.), %;

РСР_{норма} – вміст розчинних сухих речовин у плодах за оптимальних погодних умов (2023 р.), %.

Логіка цього показника полягає в тому, що за умов високих температур рослина витрачає значну частину цукрів на дихання. Якщо КМС менше одиниці, це означає, що сорт не справляється з навантаженням і його внутрішні ресурси деградує (табл. 2). Ми спостерігали таку реакцію у контрольному сорту Мальва, у плодах якого вміст РСР впав з 16,78% до 15,27% (КМС 0,91). Натомість гібриди 1/21 та 1/20 продемонстрували стратегію адаптивного концентрування – підвищення концентрації РСР до 18,2–18,8% (КМС 1,02–1,04).

Таблиця 1

Динаміка гідротермічних умов вегетаційних періодів (метеопост ІС НААН, 2023–2025 рр.)

Показник	2023 (база)	2024 (стрес)	2025 (післядія)	Середня норма (1960–2015)
Сума активних температур (САТ), °C	3210	3894	3350	2700
Сума опадів за вегетацію, мм	395	210	360	45
Опади у червні (фаза наливу), мм	68	14	55	75
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	1,1	0,45	0,95	1,2

Це дозволяє нам стверджувати, що дані генотипи володіють стратегією адаптивного концентрування: замість деградації метаболізму вони переходять у режим акумуляції захисних сполук, що є ознакою високої енерго-ефективності, описаної в роботах П.В. Кондратенка [2]. Ці гібридні форми здатні акумулювати цукри навіть за умови пригнічення загального газообміну (табл. 2).

Аналіз розчинних сухих речовин (РСР) та цукрів. РСР є фундаментальним показником поживності та технологічної придатності плодів. У ході досліджень встановлено, що за умови жорсткого дефіциту опадів 2024 року нові гібриди значно перевершили контроль за інтенсивністю синтезу (табл. 2). Гібрид 2/70 продемонстрував рекордний вміст цукрів (11,83%), що на 35% вище за рівень Любительської (7,55%) та суттєво перевищує результати Мальви (8,72%). Здатність форми 2/70 утримувати КМС на рівні 1,02 на фоні такої високої концентрації цукрів доводить, що її метаболізм налаштований на створення потужного осмотичного потенціалу, який захищає клітини плодів від зневоднення.

Порівнюючи наші результати з дослідженнями зарубіжних колег, зокрема щодо впливу абіотичних стресів на якість плодів роду *Prunus*, спостерігається цікава закономірність. Так, у роботах іспанських вчених (Moreno et al., 2021) зазначається, що більшість європейських сортів вишні за умов екстремальної засухи втрачають до 15% вмісту цукрів через пригнічення фотосинтезу [6]. Наші ж дані щодо гібридів 1/21 та 1/20 вказують на протилежний, стабілізаційний ефект, що підкреслює високу адаптивну цінність вітчизняного генофонду. Аналогічні тенденції до зниження товарних якостей плодів у посушливі роки описані у роботі Dogan et al. [14], наголошуючи, що лише окремі генотипи здатні до осмотичного регулювання через накопичення сухих

речовин. Це повністю корелює з нашою концепцією метаболічного концентрування як ознаки стійкості.

Титрована кислотність та смаковий індекс. Смакові якості вишні детермінуються балансом між цукрами та органічними кислотами. Найвищу кислотність зафіксовано у гібрида 2/32 (2,13%), що робить його цінною сировиною для промислової переробки. Проте для свіжого ринку еталонним став гібрид 2/70, накопичивши рекордні 11,83% цукрів при низькій титрованій кислотності (1,26%). Його цукрово-кислотний індекс (9,38) майже вдвічі перевищив показники Любительської (4,94). з найвищим цукрово-кислотним індексом (ЦКІ) – 9,38. Для порівняння, у сорту Любительська цей показник склав лише 4,94. Здатність 2/70 утримувати КМС вище одиниці на фоні такого високого вмісту цукрів доводить, що його метаболізм налаштований на створення потужного осмотичного потенціалу. Це узгоджується з висновками В.А. Соболя [4] про те, що оптимальний баланс цукрів та кислот у вишні є не лише смаковою характеристикою, а й фізіологічним бар'єром проти термічного зневоднення.

Антиоксидантний потенціал (вітамін С та феноли). Вміст аскорбінової кислоти та фенольних сполук у 2024 році виступав як маркер системного захисту від фотоокислювального стресу. Гібрид 1/21 продемонстрував найвищу концентрацію вітаміну С (13,10 мг/100 г → 13,10 мг/100 г) та фенольних сполук (607 мг/100 г → 607 мг/100 г). Згідно з дослідженнями Correia et al. [6], підвищення рівня фенолів та антоціанів у плодах є захисною реакцією на інтенсивне УФ-випромінювання, притаманне посушливим рокам, і забезпечує екранування хлорофілу від надмірної інсоляції. Наші дані підтверджують це: сорт Любительська з низьким рівнем фенолів (432 мг/100 г → 432 мг/100 г)

Таблиця 2

Біохімічні показники та метаболічна стійкість плодів гібридів вишні за групами стиглості (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид / Сорт	РСР, %	Цукри, %	Кислотність, %	Віт. С, мг/100г	Феноли, мг/100г	КМС
СЕРЕДНЬОСТИГЛА ГРУПА						
Любительська (умовний контроль)	15,35 ± 1,22	7,55 ± 0,85	1,53 ± 0,12	9,80 ± 0,95	432 ± 25	0,94± 0,04
Гібрид 1/3	17,45 ± 0,55	8,62 ± 0,42	1,52 ± 0,08	11,20±0,65	485 ± 18	0,98± 0,03
Гібрид 1/18	16,90 ± 0,62	8,45 ± 0,38	1,58 ± 0,09	10,80±0,58	450 ± 22	0,96± 0,03
Гібрид 1/21	18,53 ± 0,32	8,84 ± 0,21	1,41 ± 0,05	13,10±0,45	607 ± 15	1,02± 0,02
Гібрид 1/68	17,12 ± 0,48	8,50 ± 0,35	1,48 ± 0,07	11,45±0,62	495 ± 20	0,97± 0,03
ПІЗНЬОСТИГЛА ГРУПА						
Мальва (контроль)	16,20 ± 1,45	8,72 ± 0,92	1,37 ± 0,14	10,24±0,88	415 ± 28	0,91± 0,06
Гібрид 1/20	18,24 ± 0,35	8,73 ± 0,24	1,26 ± 0,06	11,85±0,52	580 ± 18	1,04± 0,02
Гібрид 2/30	18,12 ± 0,58	8,90 ± 0,45	1,62 ± 0,11	11,35±0,68	505 ± 22	0,99± 0,04
Гібрид 2/32	17,65 ± 0,72	11,54±0,55	2,13 ± 0,15	10,80±0,75	490 ± 24	0,93± 0,05
Гібрид 2/39	16,85 ± 0,85	8,12 ± 0,48	1,65 ± 0,12	10,50±0,72	465 ± 26	0,91± 0,05
Гібрид 2/54	17,80 ± 0,92	9,35 ± 0,52	1,78 ± 0,14	11,20±0,82	512 ± 29	0,88± 0,06
Гібрид 2/70	19,45 ± 0,28	11,83±0,18	1,26 ± 0,04	12,40±0,48	595 ± 14	1,02± 0,02
HIP ₀₅	1,068	0,537	0,086	0,622	22,350	0,039

Примітка: ± – стандартне відхилення (σ) за роками досліджень (2023–2025 рр.); HIP₀₅ – найменша істотна різниця при рівні значущості 0,05.

ПОРІВНЯЛЬНА ДИНАМІКА МАСИ ПЛОДУ (2023–2025)

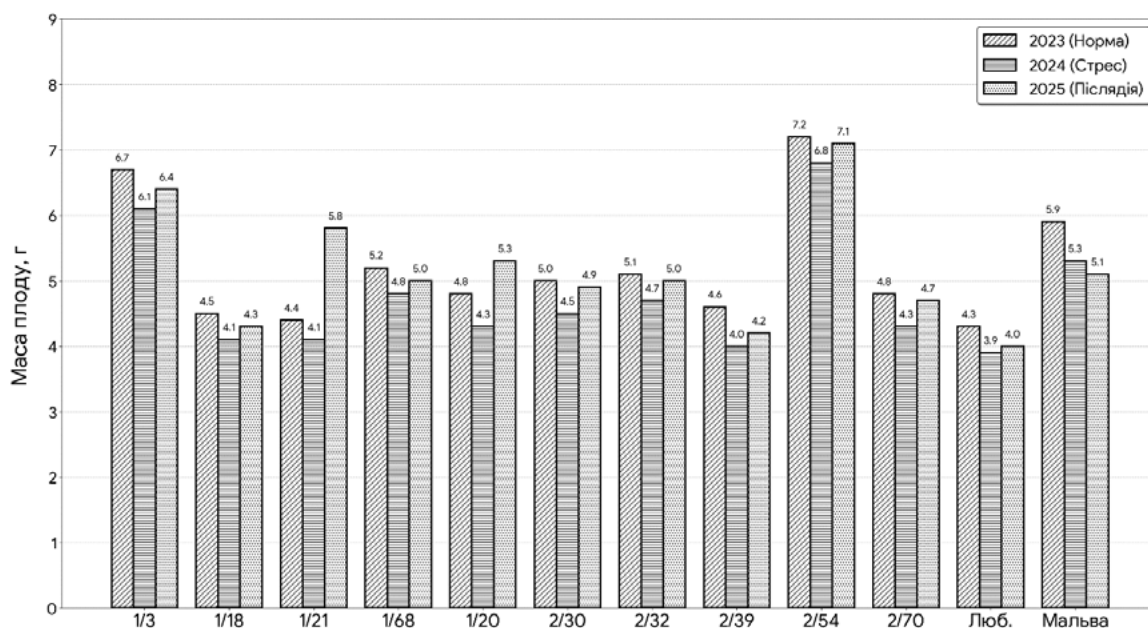


Рис. 1. Порівняльна динаміка маси плоду вишні (2023–2025 рр.)

значно важче переніс температурний пік, що проявилось у деградації маси плоду та зниженні КМС. Такий розрив між контрольним сортом та перспективними гібридами свідчить про те, що кращі представники сучасної вітчизняної селекції дозволяють отримувати десертну вишню, яка зберігає гармонійний смак навіть у роки, коли через спеку в інших сортах відбувається «згорання» органічних кислот та втрата екстрактивності.

Фізичні параметри та гідралічна стабільність. Маса плоду в умовах дефіциту вологи є критичним показником стану провідної системи дерева. У більшості варіантів через відсутність опадів у червні 2024 року (лише 19% від норми) зафіксовано значне здрібнішення плодів (графік 1). Однак форма 1/21 продемонструвала аномально позитивну динаміку: середня маса зростає з 4,4 г у 2023 р. до 5,8 г у 2025 р. Це свідчить про те, що судинна система цього генотипу не зазнала незворотної деградації (емболії судин) під час посухи, що дозволило рослині максимально реалізувати потенціал наступного сезону.

Окремої уваги заслуговує морфометричний аналіз плодів пізньостиглої групи. Попри загальну тенденцію до здрібнішення плодів в умовах дефіциту вологозабезпечення, гібрид 2/54 продемонстрував стабільно високі показники, сформувавши середню масу плоду 7,1 г. Поєднання крупноплідності з високою концентрацією фенольних сполук (512 мг/100 г → 512 мг/100 г) позиціонує цей генотип як перспективний для промислового вирощування плодів універсального призначення.

Висновки. На основі ретроспективного аналізу даних метеопосту ІС НААН за період 1960–2025 рр. встановлено, що вегетаційний період 2024 року став історичним погодним екстремумом для Лісостепу України. Сума активних температур (3894°C) та критичний

дефіцит опадів у фазі наливу плодів (14 мм у червні, ГТК 0,45) створили умови жорсткого абіотичного тиску, що дозволило провести об'єктивну верифікацію адаптивного потенціалу гібридного фонду вишні вітчизняної селекції.

Запропоновано та математично обґрунтовано використання КМС як інструменту оцінювання інерційної стійкості генотипів. Встановлено, що значення КМС $\geq 1,0$ є маркером стратегії адаптивного концентрування розчинних сухих речовин (РСР), що характерно для гібридів 1/21 (1,02) та 1/20 (1,04). Натомість у контрольних сортів (Мальва, Любительська) зафіксовано КМС на рівні 0,91...0,94, що свідчить про метаболічну деградацію та виснаження енергетичних резервів під дією високих температур.

Доведено, що нові гібридні форми вишні селекції ІС НААН за комплексом якісних показників суттєво перевершують контрольні зразки. Гібрид 2/70 ідентифіковано як десертний еталон із рекордним вмістом цукрів (11,83%) та найвищим цукрово-кислотним індексом (9,38). Гібрид 1/21 визначено як лідера за антиоксидантним потенціалом (вітамін С – 13,10 мг/100 г, фенольні сполуки – 607 мг/100 г), що забезпечує стабільність клітинних мембран у критичні періоди інсоляції.

Встановлено, що інерційна стійкість гібрида 1/21 проявляється у збереженні функціональності провідної системи після посухи, що підтверджується позитивною динамікою маси плоду (зростання з 4,4 г до 5,8 г у післястресовий період). Для великоплідного промислового напрямку виділено гібрид 2/54 (середня маса плоду 7,1 г), який поєднує крупноплідність із високим вмістом фенольних речовин.

Результати комплексного оцінювання дозволяють виділити гібриди 1/21, 1/20 та 2/70 як перспективні

форми з високою якістю плодів та стабільним метаболізмом в умовах гідротермічного стресу. Дані генотипи можуть бути використані у подальшій селекційній роботі як джерела ознак високого цукронакопичення та антиоксидантного захисту, а також рекомендовані для розширеного сортовищення з метою оптимізації промислового асортименту Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Бублик М. О., Гриник І. В., Барабаш Л. О., Чорна Г. А., Фризюк Л. А. Вплив змін клімату на плодові рослини у контексті глобальних досліджень. *Садівництво*. 2023. Вип. 78. С. 5–25. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2023-78-5-25>
- Москалець Т. З., Гриник І. В., Москалець В. В., Бублик М. О. Стан і перспективи селекції та вирощування плодово-ягідних рослин, малопоширених у культурі, в сучасному садівництві України. *Садівництво*. 2020. Вип. 75. С. 58–78. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2020-75-58-78>
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик; уклад.: З. Б. Києнко, В. М. Матус та ін. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 85 с. ISBN 978-966-924-588-5. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e559aa79ba.pdf>
- Макарова Д. Г., Василенко В. І., Трохимчук А. І., Груша В. В., Мойсейченко Н. В., Ігнатенко О. О., Бабенко С. М. Біохімічний склад та споживчі якості плодів сортів абрикоса селекції Інституту садівництва НААН України в зоні Західного Лісостепу. *Садівництво*. 2024. Вип. 79. С. 44–53. URL: <https://sativnytstvo.kiev.ua/files/79-44-53.pdf>
- Viljevac Vuletić M., Mihaljević I., Tomaš V., Horvat D., Zdunić Z., Vuković D. Physiological response to short-term heat stress in the leaves of traditional and modern plum cultivars. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8, No. 1. Article 72. URL: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010072>
- Correia S., Schouten R., Silva A. P., Gonçalves B. Factors affecting quality and health-promoting compounds during growth and postharvest life of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 2166. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02166>
- ДСТУ ISO 2173:2007. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2009. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84755
- ДСТУ EN 12147:2003. Соки фруктові та овочеві. Визначення титрованої кислотності (EN 12147:1996, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2004. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=85258
- Murshed R., Lopez-Lauri F., Sallanon H. Effect of water stress on antioxidant systems and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L., cv. Micro-tom). *Physiologia Plantarum*. 2013. Vol. 148, No. 2. P. 293–306. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01680.x>
- Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55с. URL: <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/publikaciyi-viddil-matematichnogo-modelyuvannya-ta-cyfrovyh-tehnologiy-v-agronomiyi>
- StatSoft, Inc. STATISTICA, version 12: data analysis software system. Tulsa, OK : StatSoft, Inc., 2013. URL: <https://statisticasoftware.wordpress.com/2013/05/15/statsoft-releases-version-12-of-statistica-software/>
- Hunter J. D. Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*. 2007. Vol. 9, No. 3. P. 90–95. URL: <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- Venturi M., Giovannini A., Morri M., Morandi B. Preharvest drought stress: which consequences on plant physiology and fruit quality in sour cherry? *Acta Horticulturae*. 2024. Vol. 1409. P. 453–458. URL: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1409.57>
- Dogan M., Bolat I., Turan M., Kaya O. Elucidating stress responses in *Prunus* rootstocks through comprehensive evaluation under drought, heat shock and combined stress conditions. *Scientia Horticulturae*. 2025. Vol. 338. Article 113882. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113882>

REFERENCES:

- Bublyk, M.O., Hrynyk, I.V., Barabash, L.O., Chorna, H.A. and Fryziuk, L.A. (2023), "Vplyv zmin klimatu na plodovi roslyny u konteksti hlobalnykh doslidzhen" [Impact of climate change on fruit plants in the context of global research], *Sativnytstvo*, Issue 78, pp. 5–25. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2023-78-5-25> [in Ukrainian].
- Moskalets, T.Z., Hrynyk, I.V., Moskalets, V.V. and Bublyk, M.O. (2020), "Stan i perspektyvy selektsii ta vyroshchuvannya plodovo-yahidnykh roslyn, maloposhyrenykh u kulturi, v suchasnomu sadivnytstvi Ukrainy" [State and prospects of breeding and cultivation of fruit and berry plants that are uncommon in modern horticulture of Ukraine], *Sativnytstvo*, Issue 75, pp. 58–78. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2020-75-58-78> [in Ukrainian].
- Tkachyk, S.O. (Ed.), Kiienko, Z.B., Matus, V.M. et al. (2016), *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy plodovykh, yahidnykh, horikhoplidnykh, subtropichnykh ta vynohradu na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for the examination of varieties of fruit, berry, nut, subtropical and grape crops for suitability for dissemination in Ukraine], 2nd ed., FOP Korzun D.Yu., Vinnytsia, Ukraine, 85 p. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e559aa79ba.pdf> [in Ukrainian].
- Makarova, D.H., Vasylenko, V.I., Trokhymchuk, A.I., Hrusha, V.V., Moiseichenko, N.V., Ihnatenko, O.O. and Babenko, S.M. (2024), "Biokhimichni sklad ta spozhyvchi yakosti plodiv sortiv abrykosa selektsii Instytutu sadivnytstva NAAN Ukrainy v zoni Zakhidnoho Lisostepu" [Biochemical composition and consumer qualities of apricot cultivars bred at the Institute of Horticulture of NAAS of Ukraine in the Western Forest-Steppe zone], *Sativnytstvo*, Issue 79, pp. 44–53. URL: <https://sativnytstvo.kiev.ua/files/79-44-53.pdf> [in Ukrainian].

5. Viljevac Vuletić, M., Mihaljević, I., Tomaš, V., Horvat, D., Zduñić, Z. and Vuković, D. (2022), "Physiological response to short-term heat stress in the leaves of traditional and modern plum cultivars", *Horticulturae*, Vol. 8, No. 1, Article 72. URL: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010072>
6. Correia, S., Schouten, R., Silva, A.P. and Gonçalves, B. (2017), "Factors affecting quality and health-promoting compounds during growth and postharvest life of sweet cherry (*Prunus avium* L.)", *Frontiers in Plant Science*, Vol. 8, Article 2166. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02166>
7. DSTU ISO 2173:2007 (2007), *Produkty z fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia rozchynnykh sukhykh rechovyh refraktometrychnym metodom (ISO 2173:2003, IDT) [Fruit and vegetable products. Determination of soluble solids by refractometric method]*, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv, Ukraine. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=84755 [in Ukrainian].
8. DSTU EN 12147:2003 (2003), *Soky fruktovi ta ovochevi. Vyznachennia tytrovanoj kyslotnosti (EN 12147:1996, IDT) [Fruit and vegetable juices. Determination of titratable acidity]*, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv, Ukraine. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=85258 [in Ukrainian].
9. Murshed, R., Lopez-Lauri, F. and Sallanon, H. (2013), "Effect of water stress on antioxidant systems and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L., cv. Micro-tom)", *Physiologia Plantarum*, Vol. 148, No. 2, pp. 293–306. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01680.x>
10. Ermantraut, E.R., Prysiazniuk, O.I. and Shevchenko, I.L. (2007), *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh u paketi Statistica 6.0: metodychni vkazivky [Statistical analysis of agronomic experimental data using Statistica 6.0: methodical guidelines]*, PolihrafKonsaltnyh, Kyiv, Ukraine, 55 p. URL: <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/publikaciyi-viddil-matematychnogo-modelyuvannya-tacyfrovyh-tehnologiy-v-agronomiyi> [in Ukrainian].
11. StatSoft, Inc. (2013), *STATISTICA, version 12: data analysis software system*, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA. URL: <https://statisticasoftware.wordpress.com/2013/05/15/statsoft-releases-version-12-of-statistica-software/>
12. Hunter, J.D. (2007), "Matplotlib: A 2D graphics environment", *Computing in Science & Engineering*, Vol. 9, No. 3, pp. 90–95. URL: <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
13. Venturi, M., Giovannini, A., Morri, M. and Morandi, B. (2024), "Preharvest drought stress: which consequences on plant physiology and fruit quality in sour cherry?", *Acta Horticulturae*, Vol. 1409, pp. 453–458. URL: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1409.57>
14. Dogan, M., Bolat, I., Turan, M. and Kaya, O. (2025), "Elucidating stress responses in *Prunus* rootstocks through comprehensive evaluation under drought, heat shock and combined stress conditions", *Scientia Horticulturae*, Vol. 338, Article 113882. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113882>

Юсипенко Р.В., Макарова Д.Г. Біохімічні та біофізичні показники плодів нових гібридів вишні (*Prunus cerasus* L.) в умовах гідротермічної дестабілізації Лісостепу України

Метою даних досліджень є оцінка адаптивного потенціалу генотипів вишні кислої за біохімічними показниками якості плодів в умовах гідротермічної

нестабільності та ідентифікація сортів із високою метаболічною стійкістю для промислового вирощування.

Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. в Інституті садівництва НААН (м. Київ). Об'єктами слугували перспективні гібриди вишні (2014 р.с.) на підщепі антипка. Контролем слугували сорти Любительська та Мальва. Якість плодів оцінювали за загальноприйнятими ДСТУ/ISO за показниками вмісту розчинних сухих речовин (РСР), цукрів, кислотності, вітаміну С та фенольних сполук. Для оцінювання адаптивності використано авторський «Коефіцієнт метаболічної стійкості» (КМС), що відображає відношення РСР у стресовий рік (2024) до показників оптимального року (2023).

Методи. Закладка і проведення дослідів, основні обліки і спостереження проводили відповідно загальноприйнятим методикам. Статистичну обробку даних робили за допомогою стандартного набору статистичних функцій програми Microsoft Excel.

Результати. Веgetаційний період 2024 року ідентифіковано як абсолютний погодний екстремум із сумою активних температур 3894°C та критичним дефіцитом опадів у червні (14 мм, 19% від норми). За цих умов контрольний сорт Мальва продемонстрував метаболічну деградацію (КМС 0,91). Натомість гібриди **1/21**, **1/20** та **2/70** реалізували стратегію «адаптивного концентрування» (КМС 1,02–1,04), зберігши або підвищивши рівень РСР (18,2–19,4%). Гібрид **2/70** визначено як десертний еталон із рекордним вмістом цукрів (11,83%) та цукрово-кислотним індексом 9,38. Гібрид **1/21** продемонстрував найвищий антиоксидантний потенціал (феноли – 607 мг/100 г). Для великоплідного промислового напрямку виділено гібрид 2/54.

Висновки. За сукупністю біохімічних показників та метаболічної стабільності гібриди 1/20, 1/21 та 2/70 рекомендовані для розширеного промислового випробування та залучення до селекційних програм як донори ознак високої якості плодів. Генотип 2/54 ідентифіковано як цінне джерело ознаки великоплідності *Prunus cerasus* L. для створення сортів інтенсивного типу.

Ключові слова: вишня кисла (*Prunus cerasus* L.), зміни клімату, Лісостеп, метаболічна стійкість, якість плодів, посухостійкість, антиоксидантний потенціал.

Yusypenko R.V., Makarova D.H. Biochemical characteristics of fruits of new sour cherry (*Prunus cerasus* L.) hybrids under hydrothermal conditions in the Forest-Steppe of Ukraine

Purpose. The adaptive potential of high-acidity genotypes is assessed based on biochemical fruit quality indicators under conditions of hydrothermal instability, and varieties with high metabolic stability are identified for commercial cultivation.

Methods. The research was conducted between 2023 and 2025 at the Institute of Horticulture of the NAAS (Kyiv). The subjects included promising sour cherry hybrids (2014 planting) grafted on *Prunus mahaleb* L. rootstock. Cultivars 'Liubytelska' and 'Malva' served as differentiated controls for mid- and late-season groups. Fruit quality was evaluated using harmonized ISO standards for soluble solids content (SSC), total sugars, titratable acidity, vitamin C, and total phenolics. The "Metabolic Stability Coefficient" (MSC) was introduced to quantify the ratio of SSC accumulation during the extreme drought of 2024 versus the optimal season of 2023.

Results. The 2024 growing season was identified as a severe climatic anomaly, with the sum of active temperatures reaching 3894°C and a critical precipitation deficit in June (14 mm, 19% of the historical norm). Under these

conditions, the control variety 'Malva' exhibited metabolic degradation (MSC 0.91). Conversely, hybrids **1/21**, **1/20**, and **2/70** implemented an "adaptive concentration" strategy (MSC 1.02–1.04), maintaining high SSC levels (18.2–19.4%). Hybrid **2/70** emerged as a dessert benchmark with record sugar content (11.83%) and a sugar-to-acid ratio of 9.38. Hybrid **1/21** demonstrated the highest antioxidant capacity (phenolics 607 mg/100 g). Hybrid **2/54** was identified as a prominent selection for large-fruited industrial cultivation.

Findings. Based on the combination of biochemical parameters and metabolic stability, hybrids 1/20, 1/21, and 2/70 are recommended for extended industrial trials and inclusion in breeding programs as donors of high fruit quality traits. Genotype 2/54 has been identified as a valuable source of the large-fruit trait in *Prunus cerasus* L. for the development of intensive-type cultivars.

Key words: *Prunus cerasus* L., climate change, Forest-Steppe, metabolic stability, fruit quality, drought stress, antioxidant potential.

Дата першого надходження статті до видання: 14.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

БАГАН А.В.	7	ЛАВРИНЕНКО Ю.О.	50
БАЛАБАШ В.С.	60	ЛОЗІНСЬКИЙ Б.М.	134
БАЛАН Г.О.	224	МАЗУР О.В.	218
БАРСУКОВА О.А.	79	МАЗУР О.В.	144
БІДНИНА І.О.	232	МАКАРОВА Д.Г.	272
БУДАК О.О.	67	МАКСИМИШИН О.В.	151
БУЛАХ А.О.	14	МАЛОМИЖЕВ А.С.	157
ВАХНІЙ С.П.	171	МАРЧЕНКО Т.Ю.	50
ВЕНГЕР О.В.	101	МІЩЕНКО С.В.	50
ВЕРБИЦЬКИЙ П.П.	25	МОЖАРІВСЬКА І.А.	121
ВИГЕРА С.М.	101	МОНЬКА Н.Я.	244
ВОЙТОВИК М.В.	30	НЕЙКО І.С.	261
ВОЛОШИН І.Є.	121	ОБРАЖІЙ С.В.	30
ГНІТЕЦЬКИЙ М.О.	121	ОЛІЙНИК Т.М.	121
ГОНЧАРЕНКО Є.В.	43	ОНІПКО В.В.	157
ГОРАШ В.О.	36	ОСІПОВ М.Ю.	266
ГОРЕЦЬКИЙ М.А.	101	ПАВЛОВ О.С.	194
ГРАБОВСЬКИЙ М.Б.	134	ПАЛАРІЄВ В.О.	250
ГРАФОВ А.В.	50	ПАНФІЛОВА А.В.	164
ГРИЦИШИН В.О.	113	ПАНЧЕНКО О.Б.	30
ДЖАМ М.А.	224	ПІЛЯРСЬКА О.О.	50
ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ А.В.	43	ПРАВДИВА Л.А.	171
ДОНЕЦЬ А.О.	50	ПРИМАК І.Д.	30
ДРОБІТ О.С.	60	РИЖЕНКО А.С.	189
ДУБОВИЙ В.І.	67	РОДІОНОВ А.В.	210
ДУТЧАК О.В.	73	САБАДИН В.Я.	30
ЖИГАЙЛО О.Л.	79	СВИДЕНКО А.В.	176
ЖИГАЙЛО Т.С.	79	СИДЯКІНА О.В.	182
ЗАЛЕВСЬКИЙ Р.А.	101	СИТНІК О.В.	189
ЗАПОЛЬСЬКА Н.М.	87	СМОЛКА О.А.	194
ЗАХАРЧУК Н.А.	121	СТЕПАНЕНКО М.В.	171
ЗЕЛЕНЕЦЬ С.В.	67	СТЕПАНОВА М.М.	176
ЗОРУНЬКО В.І.	224	СТОРОЖИК Л.І.	87
ІВАНІВ М.О.	182	СУХОМЛІН Л.В.	203
КАРУНА В.В.	94	ТИЩЕНКО А.В.	210
КАЧАН Л.М.	30	ТКАЧУК О.П.	218
КЛІЩЕНКО С.В.	67	ТРАНДАФІР І.В.	224
КЛЮЧЕВИЧ М.М.	101	УГРІН О.М.	232
КНИШ В.І.	255	УЛІЗЬКО В.М.	7
КОБАК С.Я.	151	УСОВ Р.М.	126
КОВАЛЬЧУК А.В.	106	ХОЛОДЕНКО І.В.	67
КОВКА Н.С.	113	ЦАРУК І.В.	189
КОКОЙКО В.В.	255	ЧЕРЧЕЛЬ В.Ю.	238
КОСЕНКО Н.П.	255	ШАБЛЯ О.С.	255
КОСТЕНКО В.В.	238	ШАТКОВСЬКИЙ А.П.	94
КОШКІН Д.Л.	164	ШЕНДРИК К.М.	87
КРАВЧЕНКО Н.В.	121	ШИЯН А.В.	244
КРИВЕНКО А.І.	224	ШКАТУЛА Д.Ю.	144
КРИВЕНКО А.І.	126	ШТІРБУ А.В.	250
КУЛИК Г.А.	87	ЮСИПЕНКО Р.В.	272

Наукове видання

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 37

Дата розміщення онлайн – 23.09.2026 р.
Дата друку – 30.09.2026 р. Формат 60×84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.
Умовно друк. арк. 32,55. Наклад 300. Зам. № 0926/716
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1.
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.