

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

Випуск 2 (20), 2026

Київ 2026

Засновник – Національний науковий центр
«Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»
«Землеробство та рослинництво: теорія і практика»
науково-теоретичний журнал

Ідентифікатор медіа – R30-03454. Рішення Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення від 28.03.2024 р. №1024, протокол №12.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань (категорія «Б»)
згідно з наказом **МОН України від 11.06.2026 р. № 928.**

У журналі можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук,
кандидата наук та ступеня доктора філософії. Кластер – «Сільськогосподарські і ветеринарні науки»
за спеціальністю Н1.

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради ННЦ «ІЗ НААН»,
протокол № 5 від 24 червня 2026 р.

У журналі висвітлюються наукові статті з питань актуальних проблем аграрної науки.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор
ТКАЧЕНКО М.А.,
д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН

Заступник головного редактора
КОЛОМІЄЦЬ Л.П.,
к. с.-г. н.

БИКІН А.В., д. с.-г. н., проф., акад. НААН	BYKIN A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Acad. of NAAS
ГАНГУР В.В., д. с.-г. н.	GANGUR V.V., Doctor of Agricultural Sciences
ГОЛОДНА А.В., д. с.-г. н.	GOLODNA A.V., Doctor of Agricultural Sciences
ДЕГОДІУК С.Е., д. с.-г. н., чл.-кор. НААН	DEHODIUK S.E., Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of NAAS
ДМИТРУК Ю.М., д. б. н., проф.	DMYTRUK YU. M., Doctor of Biological Sciences, Prof.
ІВАНІНА В.В., д. с.-г. н.	IVANINA V.V., Doctor of Agricultural Sciences
КАМІНСЬКИЙ В.Ф., д. с.-г. н., проф., акад. НААН	KAMINSKYI V.F., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Acad. of NAAS
КОЛЕСНИКОВ М.О., к. с.-г. н.	KOLESNIKOV M.O., Candidate of Agricultural Sciences
КОНДРАТЮК І.М., к. с.-г. н.	KONDRATIUK I.M., Candidate of Agricultural Sciences

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief
TKACHENKO M.A.,
Doctor of Agricultural Sciences, Prof.,
Corresponding Member of NAAS

Deputy Editor-in-Chief
KOLOMIETS L.P.,
Candidate of Agricultural Sciences

КУЛІК М., д. ф.	KULIK M., Doctor of Philosophical Sciences
КУРГАК В.Г., д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН.	KURGAK V.H., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS
МОЙСІЄНКО В.В., д. с.-г. н., проф.	MOISIENKO V.V., Doctor of Agricultural Sciences, Prof.
ПАТИКА Т.І., д. с.-г. н.	PATYKA T.I., Doctor of Biological Sciences
ПТАШНИК М.М., к. с.-г. н.	PTASHNIK M.M., Candidate of Agricultural Sciences
САРУНАЙТЕ Л., д. с.-г. н.	SARUNAITE L., Doctor of Agricultural Sciences
ТИМОЩУК Т.М., к. с.-г. н.	TYMOSHCHUK T.M., Candidate of Agricultural Sciences
ТКАЧ Є.Д., д. б. н.	TKACH YE.D., Doctor of Biological Sciences
ШЕВЧУК В., д. ф.	SHEVCHUK W., Doctor of Philosophical Sciences
ШТАКАЛ М.І., д. с.-г. н.	SHTAKAL M.I., Doctor of Agricultural Sciences

Адреса редакції:

08162, Київська обл., Фастівський р-н, с-ще Чабани, вул. Машинобудівників, 2-б
E-mail: zbirnik_iz@ukr.net, сайт: www.journal-agriplant.com

Зміст

Коломієць Л.П., Білокіньський Р.В. МІЖНАРОДНА ПРАКТИКА РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ АДАПТАЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ УКРАЇНИ, УРАЖЕНИХ БОЙОВИМИ ДІЯМИ	5
Грищенко О.М., Паламарчук Р.П., Гунчак М.В., Запасний В.С., Яценко Ю.М. ВПЛИВ БОЙОВИХ ДІЙ НА ПРОСТОРОВУ НЕОДНОРІДНІСТЬ ВМІСТУ РУХОМИХ СПОЛУК МАРГАНЦЮ У ҐРУНТАХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛ.	14
Савченко С.Д. ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА АГРОХІМІЧНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО МАЛОГУМУСНОГО В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ ОРГАНІЧНІЙ СІВОЗМІНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	27
Мартинюк І.В., Савченко Є.Д. ЕФЕКТИВНІСТЬ ОРГАНІЧНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	34
Пташнік М.М., Ременюк Ю.О., Заяць П.С., Дикун О.В. РОЗПОДІЛ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ҐРУНТОВОМУ ПРОФІЛІ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ Й УДОБРЕННЯ	42
Давидюк Г.В., Клименко І.І., Шкарівська Л.І., Довбаш Н.І., Гірник В.В., Кушук М.А. ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗА ВИРОЩУВАННЯ НА СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ, ЗАБРУДНЕНОМУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ	54
Демиденко О.В., Расевич В.В., Тетерещенко Н.М., Шагурська Н.В. ПОРІВНЯЛЬНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР В 5-ПІЛЬНІЙ СІВОЗМІНІ В ПОЧАТКОВИЙ ПЕРІОД ЗАСТОСУВАННЯ NO-TILL	62
Кубрак С.М., Сич З.Д. ОЦІНЮВАННЯ МІСЦЕВИХ ФОРМ ЦИБУЛІ ШАЛОТ ЗА КОМПЛЕКСОМ ЦІННИХ ОЗНАК ДЛЯ УМОВ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	73
Камінська В.В., Юла В.М., Породько М.А., Дудка О.Ф. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА АГРОКЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ	80
Ліщук А.М., Городиська І.М., Кравчук Ю.А. СИДЕРАТИ ЯК ЧИННИК ОПТИМІЗАЦІЇ АГРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	89
Голик Л.М., Штакал М.І., Левченко О.С., Симоненко Н.В., Іващенко С.Ф., Друковська Н.Г. ОЦІНКА ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ У КОНТРОЛЬНОМУ РОЗСАДНИКУ ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ, ЯКІСТЮ ЗЕРНА ТА ХЛІБОПЕКАРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	99
Ямковий В.Ю., Томаш А.І., Подберезко І.М. ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ СОРТІВ КАРТОПЛІ ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ	108
Хорошко Н.М., Мурашко Л.А., Кириленко В.В., Гуменюк О.В., Заїка Є.В. ОСОБЛИВОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО КОЛОСА ГІБРИДАМИ F ₁ TRITICUM AESTIVUM L.	118
З'ЇЗДИ, КОНФЕРЕНЦІЇ, НАРАДИ	
31-й Генеральний з'їзд Європейської Федерації луківників (EGF2026)	129
ЮБІЛЕЇ	
Івану Васильовичу Мартинюку – 75	133

Contents

Kolomiets L.P., Bilokinskyi R.V. INTERNATIONAL PRACTICES IN THE RECLAMATION OF TECHNOGENICALLY DISTURBED LANDS AND OPPORTUNITIES FOR THEIR ADAPTATION TO THE RESTORATION OF UKRAINIAN AGRICULTURAL LANDS AFFECTED BY HOSTILITIES	5
Hryshchenko O. M., Palamarchuk R.P., Hunchak M.V., Zapasnyi V.S., Yatsenko Yu.M. IMPACT OF HOSTILITIES ON THE SPATIAL HETEROGENEITY OF MOBILE MANGANESE COMPOUNDS IN THE SOILS OF KHERSON REGION	14
Savchenko S. D. INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZATION SYSTEMS ON THE AGROCHEMICAL STATUS OF TYPICAL LOW-HUMUS CHERNOZEM IN A SHORT-ROTATION ORGANIC CROP ROTATION OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE	27
Martyniuk I.V., Savchenko Ye.D. EFFECTIVENESS OF ORGANIC FERTILIZATION SYSTEMS FOR CORN CROP ROTATION IN THE CONDITIONS OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE	34
Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Remeniuk Yu.O., Dykun O.V. DISTRIBUTION OF NUTRIENTS IN THE SOIL PROFILE AND PRODUCTIVITY OF GRAIN CROP ROTATION DEPENDING ON TILLAGE SYSTEMS AND FERTILIZATION	42
Davydiuk H.V., Klymenko I.I., Shkarovskaya L.I., Dovbash N.I., Hirnyk V.V., Kushchuk M.A. THE EFFECT OF AGRONOMIC PRACTICES ON THE YIELD OF GRAIN CORN GROWN ON GRAY FOREST SOIL CONTAMINATED WITH HEAVY METALS	54
Demydenko O.V., Rasevich V.V., Tetereshchenko N.M., Shagurska N.V. COMPARATIVE PRODUCTIVITY OF CROPS IN A 5-FIELD CROP ROTATION IN THE INITIAL PERIOD OF NO-TILL APPLICATION	62
Kubrak S.M., Sych Z.D. EVALUATION OF LOCAL VARIETIES OF SHALLOTS BASED ON A SET OF VALUABLE TRAITS FOR THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE	73
Kaminska V.V., Yula V.M., Porodko M.A., Dudka O.F. COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF SPRING BARLEY GROWING TECHNOLOGIES UNDER AGROCLIMATIC CHANGES IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEP	80
Lishchuk A.M., Horodyska I.M., Kravchuk Yu.A. GREEN MANURE CROPS AS A FACTOR IN OPTIMIZING SOIL AGROCHEMICAL PROPERTIES UNDER ORGANIC FARMING	89
Holyk L.M., Shtakal M.I., Levchenko O.S., Symonenko N.V., Ivashchenko S.F., Drukovska N.H., EVALUATION OF WINTER WHEAT LINES IN A CONTROL NURSERY FOR YIELD, GRAIN QUALITY, AND BAKERY PROPERTIES	99
Yamkoviy V.Y., Tomach A.I., Podberezko I.M. ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF YIELD OF POTATO VARIETIES (<i>SOLANUM TUBEROSUM</i> L.)	108
Khoroshko N.M., Murashko L.A., Kyrylenko V.V., Humenyuk O.V., Zaika Ye.V. FEATURES OF THE INHERITANCE OF PRODUCTIVITY TRAITS IN THE MAIN EAR OF F1 HYBRIDS OF <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L.	118
CONFERENCES, CONGRESSES, MEETINGS	
31ST GENERAL CONGRESS OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION (EGF2026)	129
JUBILEE	
IVAN VASILYOVYCH MARTYNIUK – 75	133

МІЖНАРОДНА ПРАКТИКА РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ АДАПТАЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ УКРАЇНИ, УРАЖЕНИХ БОЙОВИМИ ДІЯМИ

Л.П. Коломієць, Р.В. Білокіньський

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Охарактеризувати основні зарубіжні підходи до рекультивації техногенно порушених земель, з'ясувати їх потенційну ефективність щодо умов післявоєнного відновлення ґрунтів України та виявити технологічні й організаційні рішення, що можуть бути адаптовані для відновлення сільськогосподарських угідь, уражених бойовими діями. **Методи.** Порівняльний аналіз технічних, біологічних, меліоративних та екосистемних підходів до рекультивації земель у різних країнах; структурно-логічний метод для систематизації груп методів рекультивації; контент-аналіз для ідентифікації критеріїв придатності міжнародних практик до українських умов; метод експертної інтерпретації для оцінки релевантності технологічних рішень. **Результати.** Систематизовано міжнародний досвід рекультивації та виділено шість ключових напрямів: фітореставрація та лісовідновлення, гуманітарне розмінування, агромеліоративна рекультивація, екосистемна рекультивація, залучення муніципалітетів та застосування ГІС і дистанційного зондування. Проаналізовано досвід США (технологія ISCO, фінансові застави, відновлення гірничодобувних земель), Німеччини (модель LMBV з комплексною стабілізацією ландшафтів), Китаю (багатоетапна рекультивація шахтних відстійників), Австралії (реконструкція природного ландшафту Пілбарі). Визначено біологічні методи (агролісомеліорація, науково обґрунтовані сівозмінні, біоремедіація) та організаційні рішення (стандарти розмінування, супутниковий моніторинг, міжнародна колаборація, залучення громад, фінансові механізми підтримки), придатні для адаптації в Україні. **Висновки.** Ефективність рекультивації воєнно порушених територій визначається комплексним підходом, що поєднує інженерні, хімічні та біологічні методи з обов'язковим урахуванням місцевої специфіки. Виявлено істотні обмеження застосування міжнародних методик в умовах триваючої війни, зокрема безпекові ризики та складність інтеграції інформації про вибухонебезпечні об'єкти до процесів відновлення земель.

Ключові слова: ремедіація, фіторемедіація, агролісомеліорація, біоремедіація, деградація ґрунтів, екологічна реабілітація, гуманітарне розмінування, дистанційне зондування.

Вступ. За оцінками міжнародних та українських аналітичних центрів, унаслідок активних бойових дій та масштабного замінування територій із сільськогосподарського обігу України виведено близько 15 млн га земель. Найбільшого ураження зазнали високопродуктивні ґрунти, зокрема чорноземи звичайні, площа деградації яких оцінюється приблизно у 5 млн га [1].

У світовій науковій літературі питання рекультивації техногенно порушених територій традиційно розглядаються у контексті наслідків гірничодобувної, промислової чи інфраструктурної діяльності, що зумовило формування значної кількості технологічних і біологічних методів відновлення

земель. Дослідження закордонних науковців продемонстрували ефективність комплексного підходу до рекультивації, що охоплює фізичне, хімічне та біологічне відновлення земель та ґрунтових систем. Водночас вплив воєнних дій на землі має специфічний комплексний характер і поєднує в собі геомеханічні деформації (вирви від вибухів, траншеї, ущільнення важкою технікою), хімічну токсикацію (забруднення важкими металами, залишками вибухових речовин, паливно-мастильними матеріалами) та пірогенну деградацію (вигорання гумусу внаслідок пожеж).

Невирішеними у науковій практиці залишаються питання інтеграції методів детоксикації, структур-

ного відновлення та реабілітації ґрунтового біоценозу в умовах масштабної воєнної деградації земель. Відсутність систематизованих наукових даних щодо адаптації міжнародного досвіду рекультивациі до умов післявоєнного відновлення обумовлює актуальність критичного аналізу світових практик для визначення технологічних рішень, придатних до українських ґрунтово-кліматичних умов.

Метою дослідження є комплексне узагальнення міжнародних підходів до рекультивациі техногенно порушених земель, оцінка їх потенційної ефективності в умовах післявоєнного відновлення ґрунтового покриву України, а також визначення перспективних технологічних і організаційно-управлінських рішень, придатних до адаптації з метою відновлення продуктивності сільськогосподарських угідь, уражених унаслідок бойових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика рекультивациі порушених земель широко представлена у вітчизняній та зарубіжній науковій літературі. Вітчизняні дослідники приділяють значну увагу уточненню понятійного апарату та формуванню підходів до відновлення техногенно трансформованих територій. Так, Ворошилова Н.В., Доценко Л.В., Кацевич В. В. трактують рекультивацию як систему робіт, спрямованих не лише на часткове перетворення порушених промисловістю природних територіальних комплексів, а й на створення на їх основі продуктивних антропогенних ландшафтів із науково обґрунтованим раціональним використанням [2]. У дослідженнях Камінського В.Ф., Ткаченка М.А., Коломієць Л.П. акцент зроблено на рекультивациі земель, порушених унаслідок воєнних дій, де автори підкреслюють важливість відновлення родючості ґрунту через агрохімічні меліорації, біоремедіацію та застосування рослин-аккумуляторів як методів зниження токсичного навантаження [3]. Науковці ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» розглядають рекультивацию як комплексний процес, що ґрунтується на ретельному аналізі структурних та екологічних змін у ґрунтовому покриві. Такий підхід дає можливість формувати ефективні стратегії відновлення продуктивності й екологічної безпеки землекористування [4].

Зарубіжні дослідження демонструють широкий спектр підходів до рекультивациі техногенно порушених територій. Larney F.J. та Angers D.A. визначають рекультивацию як комбіноване застосування

органічних добрив і фізичних методів відновлення верхнього шару ґрунту, спрямованих на поліпшення його структури та агрохімічних властивостей [5]. У працях Guo X., Hu D., Shu Z. рекультивация розглядається як ключовий інструмент зменшення екологічного сліду гірничих розробок, що допомагає відновити порушені ділянки до попереднього стану або трансформувати їх для нового цільового використання [6].

Аналіз сучасної міжнародної літератури засвідчує наявність істотної семантичної диференціації термінів, які в українській практиці традиційно об'єднують поняттям «рекультивация». У світовій науковій традиції розрізняють три взаємопов'язані, але змістовно різні категорії: reclamation (рекультивация у технічному розумінні), remediation (ремедіація – очищення та детоксикація ґрунтів) та restoration (екологічне відновлення). Тому виникла необхідність гармонізації вітчизняного понятійного апарату з міжнародними підходами під час формування стратегії відновлення земель сільськогосподарського призначення, що зазнали впливу бойових дій.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалами для дослідження слугували узагальнені аналітичні дані щодо міжнародних практик рекультивациі техногенно порушених земель, систематизовані на основі офіційних нормативних документів, наукових публікацій у провідних фахових виданнях, а також структурованих порівняльних характеристик технологічних підходів до відновлення територій, порушених унаслідок промислової діяльності або бойових дій. Джерельна база охоплює наукові праці вітчизняних та зарубіжних авторів, присвячені методам рекультивациі, ремедіації та екологічного відновлення земель. Основним методом дослідження обрано порівняльний аналіз, який дав можливість зіставити технічні, біологічні, меліоративні та екологічні підходи до рекультивациі земель у різних країнах. Порівняння проводилося за параметрами: тип порушення, домінуючі чинники деградації, технологічні інструменти рекультивациі, очікувані результати та можливості адаптації до умов України. Для узагальнення змісту міжнародних підходів використано структурно-логічний метод, який дав змогу виокремити основні групи методів рекультивациі: інженерні (відновлення рельєфу та стабілізація поверхні), хімічні (детоксикація, нейтралізація), біологічні (фіторемедіація, агролісомеліорація) та

комбіновані екосистемні технології. Метод контент-аналізу застосовано для ідентифікації спільних закономірностей і критеріїв придатності міжнародних практик до українських умов. Цей метод дав можливість виокремити чинники, що визначають можливість адаптації зарубіжних технологій: тип ґрунтів, масштаб руйнувань, характер токсичного навантаження, кліматичні особливості та наявність інфраструктурних обмежень.

Результати та їх обговорення. Першочерговим завданням під час розробки стратегії відновлення сільськогосподарських угідь України, уражених бойовими діями, є гармонізація вітчизняного понятійного апарату з міжнародними практиками рекультивациі. Аналіз сучасної зарубіжної літератури свідчить про істотну семантичну диференціацію термінів, які в українській практиці часто об'єднуються узагальнювальним поняттям «рекультивациія». У світовій науковій традиції виокремлюють три взаємопов'язані, але змістовно різні категорії: Reclamation – технічна рекультивациія; Remediation – ремедіациія, тобто очищення та детоксикація ґрунтів; Restoration – екологічне відновлення. Усвідомлення та застосування цих відмінностей є ключовим для адекватної адаптації міжнародного досвіду до специфіки воєнного та післявоєнного відновлення українських земель.

На цьому тлі особливе значення набуває досвід окремих країн, який демонструє практичну реалізацію міжнародних підходів у конкретних умовах. Зокрема, досвід США у відновленні пошкоджених земель вирізняється високим рівнем інституційного забезпечення та технологічною складністю рішень, що може слугувати цінним орієнтиром для формування адаптивних стратегій відновлення українських сільськогосподарських угідь. Система рекультивациії базується на Законі SMCRA [7] (Surface Mining Control and Reclamation Act, 1977), який створив Офіс рекультивациії та контролю (OSMRE) [8]. Ключовий елемент – фінансова застава, що покриває повну вартість рекультивациії за найгіршим сценарієм. За даними 2024–2025 рр., суми грантів та застав варіюються від 1,3 млн дол. США до 245 млн дол. США [9].

Американська модель сформувалася під впливом федеральної програми Base Realignment and Closure (скор. BRAC), спрямованої на екологічну реабілітацію територій колишніх військових баз. Специфіка полягає у комплексному забрудненні залишками

вибухових речовин та важкими металами [10]. Для вирішення таких завдань під егідою Агентства з охорони довкілля (Environmental Protection Agency) [11] найкритичніші об'єкти включаються до програми Superfund [12]. Серед інноваційних рішень – технологія ISCO (In situ chemical oxidation), що передбачає ін'єкцію окислювачів (перманганату, персульфату або перекису водню) для розкладу забруднювачів до безпечних сполук [13; 14]. Рекультивациія гірничодобувних земель характеризується інтегрованими стратегіями сільськогосподарської реабілітації. Еталонний приклад – відновлення територій після видобутку важких мінералів у штаті Вірджинія відповідно до положень SMCRA [7], розділу V (частина 823). Технологічний цикл включає: точне відокремлення родючого шару (елювіальні горизонти А та Е, 0–50 см) з тимчасовим складуванням у насипах, засіяних покривними культурами («живе зберігання»), що зберігає до 80–90% початкової життєздатності ґрунту; біоінженерну декомпресію – глибоке розпушування на 0,5–1 м з наступним нанесенням родючого шару завтовшки 20–30 см. Хімічна меліорація включає карбонатне вапнування (2–4 т/акр) для стабілізації рН у межах 5,5–6,5 та внесення комплексних добрив NPK (120–60–120 кг/га). Постмеліоративний період передбачає агрономічну адаптацію протягом 5–10 років із сівозміною (кукурудза–соя–пшениця) та переходом на технологію *no-till* після другого року. Гідрологічний режим стабілізується протягом трьох років (інфільтрація >50 мм/год). Гарантійний депозит повертається надкористувачу лише після досягнення врожайності на рівні середніх показників округу.

Німецький досвід характеризується системним державним підходом, де центральну роль відіграє державна компанія Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (скор. LMBV) [15]. Процес рекультивациії поділяється на два вектори: екологічний (відновлення біорізноманіття) та соціально-економічний (створення нової інфраструктури).

Методологічний алгоритм LMBV ґрунтується на принципах високотехнологічної інженерії, комплексного геолого-екологічного моніторингу та адаптивного управління [16]. Перший етап – комплексна діагностика: геологічне картування та ідентифікація фізико-хімічних параметрів субстратів для розробки індивідуальної програми меліоративних заходів. Для корекції ущільнення застосовується глибоке механічне розпушування ґрунтовими



Рис. 1. Етапи проведення рекультивації порушених земель LMBV

чизелями на глибину до 100 см. Центральний елемент хімічної меліорації – нейтралізація кислотності через внесення вапнякового мергелю (4–600 т/га залежно від потенційної кислотності). Оптимізація нутрієнтного статусу реалізується через дводозове внесення NPK-добрив: первинна доза у поверхневий шар, вторинна – на етапі активної вегетації. Завершальна фаза – фітомеліорація з застосуванням селективних травосумішей та бобових культур (коношина, люпин, люцерна), що виконують функції: фіксація атмосферного азоту, формування проти-ерозійного покриву, захист від запилення, створення базису для ґрунтової біоти (рис. 1).

Для сільськогосподарських земель створюється специфічний рельєф: злегка хвиляста поверхня з ухилом 0,5–7% для оптимального стоку без водної ерозії. Масиви поділяються на поля 20–30 га, розділені лісомеліоративними смугами. Через шість місяців після завершення робіт проводиться обов'язкова верифікація, що включає оцінку фізико-хімічних показників субстрату, аналіз водного режиму, контроль вмісту важких металів (табл. 1).

Проекти LMBV базуються на принципі «ландшафтного реструктурування», де кожна ділянка планується з урахуванням майбутньої функції (водний масив, ліс чи сільськогосподарський ландшафт). У процесі рекультивації створено техногенні (кар'єрні) озера. Важливою складовою моделі є повернення частини відновлених територій у сільськогосподарське використання. На відміну від багатьох міжнародних практик, де основним результатом стають водні чи рекреаційні ландшафти, у Лужицькому басейні, розташованому у східній частині Німеччини, визначено стратегічну мету відновлення аграрного потенціалу земель. За даними міжнародних оцінок, близько 10 000 га відведено під сільськогосподарські угіддя після рекультивації [16].

Подібні пріоритети спостерігаються й у інших країнах, де економічні та соціальні потреби формують специфічні підходи до відновлення земель. Так, у Китаї, у контексті стрімкої урбанізації та реалізації національної стратегії «Екологічна цивілізація», відновлення порушених гірничими роботами земель у приміських зонах Пекіна набуло статусу пріоритетного завдання. Особливої уваги

Таблиця 1. Етапність ґрунтоутворення та трансформації рекультивованих земель

Фаза ґрунтоутворення	Тривалість (років)	Ключові ґрунтоутворювальні процеси
Меліоративна	7–15	Глибоке структурування профілю кореневими системами; азотфіксація; накопичення первинного гумусу
Стабілізаційна	5–10	Стабілізація гумусового стану; оптимізація водно-фізичних властивостей; балансування циклів азоту, фосфору та калію
Повне відновлення	20–30	Формування зрілого ґрунтового профілю; вихід на плато біологічної продуктивності; повна відповідність показникам фонових аналогів

Таблиця 2. Етапи рекультивації порушених земель у Китаї

Фаза	Ціль	Ключові заходи
Технічна стабілізація	Забезпечення інженерної безпеки об’єкта, контроль стоку та нейтралізація лужності	• Дренаж (перфоровані труби, Q=50 м³/га/добу); • Нейтралізація лужності фосфогіпсом (20–40 т/га, pH 7)
Ґрунтоутворення	Формування функціонального ґрунтового профілю	• Компактований глиняний бар’єр (10 см); • Біовугілля (5–10 т/га) + вермікомпост; • Стабілізація металів (Cd <0,3 мг/кг)
Біоре mediaція	Закріплення результатів через біологічні процеси	• Сівозміна з гіперакумуляторами; • Мікоризні інокулянти; • Моніторинг NDVI (Sentinel-2, >0,6 за 3 роки)

потребують території, що зазнали інтенсивного видобутку корисних копалин у районі Люцзядян (округ Пінгу), де протягом десятиліть функціонували шахтні осадові водойми та відстійники. Дані об’єкти формують подвійну екологічну загрозу: по-перше, як джерела пилового забруднення, а по-друге, – як потенційні осередки міграції важких металів у ґрунтові води басейну Пекіна. Ґрунтовий покрив відстійників характеризується надзвичайно несприятливими параметрами: високою лужністю (pH 8,5–10,5), надлишковою солоністю, низьким вмістом органічного вуглецю та дефіцитом макро- (NPK) і мікроелементів. Верхній горизонт (0–30 см) складається переважно з кварцових фракцій (70–90% >0,5 мм), що визначає низьку водоутримувальну здатність (<15% від поля зволоження) та слабку здатність до формування структури (табл. 2). У цьому сенсі сільськогосподарська реабілітація територій може бути успішною лише за умови системного підходу, що включає одночасно інженерні, хімічні та біологічні заходи. Концептуально проєкт спрямований на повернення земель до овочівництва та зернового виробництва, що відповідає стратегічним цілям [17].

Як і в інших країнах світу, економічні та природні умови визначають особливості процесу відновлення порушених земель. Так, у Австралії провінція Пілбара на півночі Західної Австралії є одним із найважливіших центрів видобутку залізної руди у світі, забезпечуючи значну частину глобального експорту. Масштабні гірничі роботи залишили величезний слід на ландшафтах: відкриті кар’єри та відвали порід формують істотно порушені території, які потребують довгострокового відновлення. Традиційні поверхневі ґрунти Пілбари мають малу потужність профілю й біди за поживними речовинами, що становить серйозний бар’єр для природного відновлення

рослинності. У Західній Австралії рекультивація є обов’язковою умовою ліцензійних вимог, що встановлюються через Департамент гірничої справи, індустрії, регулювання та безпеки (DMIRS) [18] та Агенцію навколишнього середовища (EPA) [19]. EPA підкреслює, що рекультивація має розглядатися як процес «цілого життя», який починається на етапі планування гірничих робіт та триває після їх завершення. EPA сприяє співпраці між громадськістю, промисловістю та науковими установами для розробки ефективних стратегій відновлення флори та фауни Пілбари.

Через унікальні природні умови (клімат, тонкий ґрунтовий покрив, висока температура, нестача вологи) застосовуються спеціалізовані підходи: реконструкція природного ландшафту через вирівнювання форм землі, створення стабільних геотехнічних профілів та формування оптимального дренажу; відновлення родючого шару ґрунту шляхом переміщення та повторного використання верхніх горизонтів; реставрація біотопів із застосуванням рослинних угруповань, характерних для Пілбари.

На прикладі шахти Pardoo Mine продемонстровано, що науково обґрунтовані плани відновлення дають змогу досягати високих стандартів рекультивації. Починаючи з 2010 р. впроваджено моніторингові програми для оцінки стабільності схилів, рослинного покриву та біорізноманіття. Застосування індикаторів проєктивного покриття та видового різноманіття засвідчує здатність рекультивованих територій наближатися за екологічними характеристиками до природних екосистем.

Аналіз міжнародних принципів і методів рекультивації порушених земель демонструє, що відновлення територіальних ресурсів належить до найскладніших викликів сучасної агроєкології та сталого розвитку країн. Особливим викликом є

Таблиця 3. Міжнародні практики відновлення територій у постконфліктний період

Напрямок рекультивації	Концептуальна характеристика	Географія застосування
Фітореставрація та лісовідновлення	Стратегічне відтворення дендрофлори для стабілізації біорізноманіття та регенерації едафічних функцій ґрунту	Афганістан, Колумбія, Демократична Республіка Конго
Гуманітарне розмінування	Комплексна інженерна очистка територій від вибухонебезпечних предметів для забезпечення фізичної безпеки та агротехнічного доступу	Камбоджа, Мозамбік, Боснія і Герцеговина
Агромеліоративна рекультивація	Відновлення продуктивного потенціалу земель для забезпечення продовольчої безпеки та сільськогосподарської самодостатності	Ірак, Руанда, Південний Судан
Екосистемна рекультивація	Відновлення структурної цілісності та функціональності природних біогеоценозів	Сирія, Ємен
Залучення муніципалітетів	Залучення територіальних громад до процесів планування та виконання відновлювальних робіт	Ліберія, Сьєрра-Леоне, Сомалі
ГІС (геоінформаційні системи) та ДЗЗ (дистанційне зондування Землі)	Впровадження інноваційних цифрових інструментів для дистанційного моніторингу та точного картографування порушень	Ізраїль, Ліван, Лівія

Таблиця 4. Напрями відновлення порушених земель України

Напрямок відновлення	Реалізація напрямку
Розмінування та безпека	Впровадити стандарти розмінування, створити єдину базу даних, забезпечити незалежний аудит
Оцінка збитків та планування	Використовувати супутниковий моніторинг, оцінку втрат, зонування територій
Аналітична діагностика	Етапна оцінка екологічних, інфраструктурних та соціально-економічних збитків для визначення ієрархії відновлювальних робіт
Міжнародна колаборація	Інституційна взаємодія з міжнародними донорами (UNEP, Світовий банк) для доступу до фінансового капіталу та проєктів відновлення території
Екологічна реабілітація	Впровадження методів агролісомеліорації, науково обґрунтованих сівозмін та технологій консервації ґрунту, природоорієнтовані рішення, ремедіація, біоремедіація ґрунтів, довгостроковий моніторинг стану ґрунтового покриву
Сільськогосподарське відновлення	Зонування ризиків, точне землеробство
Зелена модернізація	Інвестування в природні дренажні системи, міські парки та рекреаційні зони для підвищення кліматичної стійкості територій
ДЗЗ та ГІС аналіз	Використання дистанційного зондування та ГІС-технологій для моніторингу динаміки змін та об'єктів рекультивації
Фінансово-інвестиційні фонди	Створення спеціалізованих кредитних та грантових механізмів для підтримки приватних землевласників та громад
Соціальна складова	Залучення територіальних громад до процесів прийняття рішень та реалізації відновлювальних проєктів
Синергія наукових інституцій	Налагодження взаємодії між державним сектором, науковими школами, інститутами та приватним капіталом
Прогностичний моніторинг	Розробка довгострокових планів оцінки ефективності з можливістю адаптивної корекції стратегій відновлення

збройні конфлікти, які спричиняють не лише прямі руйнування ландшафтів, а й ініціюють тривалі процеси деградації ґрунтового покриву, накопичення токсичних забруднювачів та руйнування соціально-економічних зв'язків, що ускладнює відновлення продуктивності земель і нормалізацію життєдіяльності місцевих громад. Узагальнення міжнародного досвіду дає можливість виділити ключові підходи та інструменти, які можуть бути адаптовані до українського контексту. У табл. 3 подано концептуальний аналіз методологій відновлення, систематизований за основними напрямками їхнього впливу та узагальненим світовим досвідом імплементації.

Аналіз наведених практик свідчить про істотний перехід від традиційної технічної рекультиваци до моделі комплексної еко-соціальної реабілітації територій, що постраждали внаслідок техногенного забруднення та збройних конфліктів. Сучасний підхід передбачає, що кожен із застосовуваних методів не є автономним, а постає елементом єдиної системи підготовки та відновлення земель. Зокрема, розмінування розглядається як обов'язковий прекурсор будь-якої подальшої діяльності, оскільки без забезпечення мінної безпеки неможливе ні сільськогосподарське відновлення, ні лісовідновлення, ні міське будівництво, ні повернення населення до життя у постраждалих територіях. У сучасних практиках технологічний компонент інтегрується у всі етапи відновлення: від супутникового аналізу збитків і картографування ризиків до використання безпілотних літальних апаратів за лісовідновлення, що допомагає підвищити точність, оперативність та ефективність робіт. Ми об'єднали міжнародні практики та склали перелік напрямів відновлення постраждалих територій в Україні (табл. 4).

Висновки

Проведений аналіз міжнародних практик рекультиваци техногенно порушених земель дав можливість охарактеризувати основні зарубіжні підходи та з'ясувати їх потенційну ефективність для умов післявоєнного відновлення сільськогосподарських угідь України.

Систематизація міжнародного досвіду виявила шість ключових напрямів рекультиваци: фіторес-таврація та лісовідновлення, гуманітарне розмінування, агроеліоративна рекультиваци, екосистемна рекультиваци, залучення муніципалітетів до планування та виконання робіт, застосування ГІС і дистанційного зондування для моніторингу порушень. Такі підходи мають міждисциплінарний характер і поєднують знання з екології, наук про довкілля, аграрного сектору, просторового планування та громадської безпеки. Визначено технологічні рішення, що можуть бути адаптовані для відновлення українських сільськогосподарських угідь.

Важливим критерієм є врахування місцевої специфіки. Етапна оцінка екологічних, інфраструктурних та соціально-економічних збитків допомагає визначити ієрархію відновлювальних робіт та адаптувати технологічні протоколи до конкретних умов кожної території.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці адаптованих технологічних протоколів рекультиваци з урахуванням специфіки воєнних ушкоджень, створенні системи прогностичного моніторингу ефективності відновлювальних заходів та формуванні економічних моделей фінансування проєктів рекультиваци сільськогосподарських угідь у післявоєнний період.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітична записка до Уряду України «Відновлення ґрунтів, що постраждали внаслідок воєнних дій». (б. д.). *issar.com.ua*. URL: <https://issar.com.ua/analitichna-zapiska-do-uryadu-ukraini>.
2. Ворошилова, Н.В., Доценко, Л.В., & Кацевич, В.В. (2022). *Рекультиваци і охорона земель*. Практикум. Олді+.
3. Камінський, В.Ф., Ткаченко, М.А., & Коломієць, Л.П. (2023). *Методичні рекомендації щодо відновлення земель сільськогосподарського призначення, порушених внаслідок воєнних дій*. ННЦ «ІАЕ». URL: https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2024/03/verstka_hab.pdf.
4. Національний науковий центр «Інститут землеробства національної академії аграрних наук України». (2023). *Проект рекультиваци агроландшафтів залежно від ступеню та стану порушеності території*.
5. Larney, F.J., & Angers, D.A. (2012). The role of organic amendments in soil reclamation: A review. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(1), 19–38. <https://doi.org/10.4141/cjss2010-064>.
6. Guo, X., Hu, D., Shu, Z., Li, Y., Zheng, A., Wei, X., Ni, K., Zhao, P., & Cai, J. (2023). Exploration, development, and construction in the Fuling national shale gas demonstration area in Chongqing: Progress

- and prospects. *Natural Gas Industry B*, 10(1), 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2023.01.009>.
7. Surface Mining Control and Reclamation Act of 1977, Pub. L. No. 95–87, 91 Stat. 445 (1977).
 8. Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement. (б. д.). URL: <https://www.osmre.gov/>.
 9. Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement. (б. д.). *Grants and funding opportunities*. URL: <https://www.osmre.gov/resources/grants-resources>.
 10. Ashley, A.J., & Touchton, M. (2015). Reconceiving military base redevelopment. *Urban Affairs Review*, 52(3), 391–420. <https://doi.org/10.1177/1078087414568028>
 11. U.S. Environmental Protection Agency. (б. д.). <https://www.epa.gov/>.
 12. U.S. Environmental Protection Agency. (б. д.). *Superfund*. URL: <https://www.epa.gov/superfund/>.
 13. Falconi, M., Bortone, I., Boe, F., Boe-Hansen, O., Laturnus, F., Kucharzyk, K. H., & Mulder, H. (2021). *In situ chemical oxidation (ISCO) report* (IMPEL/COMMON FORUM/EIONET/NICOLE Report No. 2020/09 ISCO). IMPEL.
 14. CAT-UXO. (б. д.). <https://cat-uxo.com/>.
 15. LMBV – Lausitz and Central-German Mining Administration Company. (б. д.). *Clean Energy Wire*. URL: <https://www.cleanenergywire.org/experts/lmbv-lausitz-and-central-german-mining-administration-company> (date of access: 22.01.2026).
 16. Nettemann, S., Mirgorodsky, D., Fürst, D., Lenk, K., Merten, D., Willing, K., Rosenbaum, M.A., Kothe, E., & Schäfer, T. (2025). Land reclamation of a former uranium mining site: Combined metal phytostabilization and biomass production. *Total Environment Engineering*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.teengi.2025.100029>.
 17. Ma, B., Li, Y., Zhou, B., Jian, Y., Zhang, C., & An, J. (2025). The green development mechanism of the Beijing-Tianjin-Hebei coordinated development strategy in China: *Novel evidence of green finance*. *International Review of Economics & Finance*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.103941>.
 18. Department of Local Government, Industry Regulation and Safety. (б. д.). *Western Australian Government*. URL: <https://www.wa.gov.au/organisation/departments/departments-of-local-government-industry-regulation-and-safety>.
 19. EPA Western Australia. (n.d.). URL: <https://www.epa.wa.gov.au/>.

Kolomiets L.P., Bilokinskyi R.V.

International practices in the reclamation of technogenically disturbed lands and opportunities for their adaptation to the restoration of Ukrainian agricultural lands affected by hostilities

Aim. To characterize the principal international approaches to the reclamation of technogenically disturbed lands, assess their potential effectiveness for post-war soil restoration in Ukraine, and identify technological and organizational solutions that can be adapted for the recovery of agricultural lands affected by hostilities. **Methods.** Comparative analysis of technical, biological, ameliorative, and ecosystem-based approaches to land reclamation across different countries; structural-logical method for systematizing reclamation technique groups; content analysis for identifying criteria of international practices' suitability to Ukrainian conditions; expert interpretation method for evaluating the relevance of technological solutions. **Results.** International reclamation experience was systematized and six key directions were identified: phytorestation and reforestation, humanitarian demining, agro-ameliorative reclamation, ecosystem-based reclamation, municipal engagement, and the application of GIS and remote sensing. The study examined practices from the United States (ISCO technology, financial surety bonds, mining land restoration), Germany (the LMBV model with comprehensive landscape stabilization), China (multi-stage reclamation of mine tailings), and Australia (natural landscape reconstruction in the Pilbara region). Biological methods suitable for adaptation in Ukraine were identified, including agroforestry, science-based crop rotations, and bioremediation, alongside organizational solutions such as demining standards, satellite monitoring, international collaboration, community engagement, and financial support mechanisms. **Conclusions.** The effectiveness of reclaiming war-disturbed territories depends on an integrated approach combining engineering, chemical, and biological methods, with mandatory consideration of local conditions. Significant limitations to the application of international methodologies in an active conflict setting were identified, particularly security risks and the complexity of integrating unexploded ordnance data into land restoration processes.

Key words: remediation, phytoremediation, agroforestry, bioremediation, soil degradation, ecological rehabilitation, humanitarian demining, remote sensing.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Коломієць Л.П., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: erosia-stop@ukr.net, ORCID : 0000-0003-3408-8541.

Білокінський Р.В., аспірант, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: r.bilokinskyi@gmail.com, ORCID : 0009-0008-2961-3990.

Kolomiets L.P., Candidate of Agricultural Sciences, senior research fellow, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: r.bilokinskyi@gmail.com, ORCID : 0000-0003-3408-8541.

Bilokinskyi R.V., graduate student, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: r.bilokinskyi@gmail.com, ORCID : 0009-0008-2961-3990.

Надійшла 13.02.2026

Прийнята до друку 10.04.2026

Опубліковано червень 2026

**ВПЛИВ БОЙОВИХ ДІЙ НА ПРОСТОРОВУ НЕОДНОРІДНІСТЬ ВМІСТУ
РУХОМИХ СПОЛУК МАРГАНЦЮ У ҐРУНТАХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛ.**

О.М. Грищенко¹, Р.П. Паламарчук¹,
М.В. Гунчак², В.С. Запасний¹, Ю.М. Яценко¹

¹ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Київ, Україна)

²Чернівецький регіональний центр

ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Чернівці, Україна)

Мета. Оцінити сучасний стан ґрунтів Херсонської обл., що зазнали впливу бойових дій, за вмістом рухомих сполук марганцю та встановити особливості просторової неоднорідності їх розподілу. **Методи.** Об'єктом досліджень слугували 347 змішаних проб ґрунту, відібраних із 24 земельних ділянок загальною площею 1496,7111 га в межах Бериславського та Херсонського р-нів. Відбір проб здійснювали з орного 0–30 см шару відповідно до ДСТУ 4287:2004. Уміст рухомих сполук марганцю визначали в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії згідно з ДСТУ 4770.1:2007. Статистичну обробку результатів проводили з використанням показників описової статистики. **Результати.** Встановлено, що середньозважений уміст рухомих сполук марганцю становив 52,44 мг/кг ґрунту, а середні значення по окремих полях варіювали від 9,59 до 226,64 мг/кг. Загальний коефіцієнт варіації становив 91,9%, що свідчить про дуже високий рівень просторової мінливості. Найвищі середні значення виявлено на ділянках № 22, 9 і 7 у межах сіл Кам'яне та Трифонівка Великоолександрівської територіальної громади Бериславського р-ну – відповідно 226,64, 129,37 і 105,83 мг/кг. У структурі обстеженої площі 60,74% території характеризувалося відсутністю забруднення, 28,11% – слабким, 5,99% – помірним, 1,63% – середнім, 0,36% – підвищеним, 0,89% – високим і 2,27% – дуже високим рівнем забруднення. Перевищення гранично допустимих концентрацій (140 мг/кг) встановлено на окремих елементарних ділянках полів № 7, 9 і 22 загальною площею 81,25 га. **Висновки.** Розподіл рухомих сполук марганцю на досліджених землях має мозаїчний характер і визначається поєднанням ґрунтових чинників і локального воєнно-техногенного навантаження. Для таких територій необхідний просторово деталізований моніторинг із виокремленням локальних ділянок підвищеного екологічного ризику.

Ключові слова: сільськогосподарські землі, еколого-токсикологічний стан, мілітарний вплив, важкі метали, гранично допустима концентрація, агрохімічна оцінка.

Вступ. У сучасних ґрунтознавчих та агроекологічних дослідженнях збройні конфлікти розглядають не лише як чинник механічного руйнування земної поверхні, а як один із визначальних чинників фізичної, хімічної та біогеохімічної трансформації ґрунтового покриву [1]. Для земель сільськогосподарського призначення такі зміни мають не лише екологічні, а й безпосередні агровиробничі наслідки, зміни структури орного шару, ущільнення ґрунту важкою технікою, порушення водно-повітряного режиму, появу техногенних домішок і, як наслідок, ускладнення відновлення землекористування та формування локальних

осередків забруднення [2–4]. Особливої уваги в такому контексті потребують елементи зі змінною екологічною роллю, до яких належить марганець (Mn): за нормального вмісту він є необхідним мікроелементом живлення рослин, проте за зміни ґрунтових умов може переходити у більш рухомі форми та набувати токсикологічного значення [5; 6]. На відміну від елементів, для яких ризик переважно пов'язується із самим фактом техногенного надходження, поведінка Mn значною мірою визначається його формами перебування у ґрунті та чутливістю до рівня кислотності ґрунтового розчину, окисно-відновного режиму,

вологості, вмісту органічної речовини, гранулометричного складу і стану Fe/Mn-(окси)гідроксидів як сорбентів, що визначають рухомість і потенційну небезпечність Mn [5–8]. Водночас у воєнно порушених агроландшафтах, де поєднуються механічне перемішування ґрунтової маси, пірогенний вплив, локальне перезволоження в пониженнях мікрорельєфу та надходження уламкового матеріалу, Mn доцільно оцінювати не лише як показник забезпеченості рослин, а і як індикатор потенційно небезпечної просторової мозаїчності [3; 6; 7; 9]. За таких умов усереднені значення по полю не завжди адекватно відображають реальний стан ґрунту, оскільки екологічно значущі аномалії вмісту рухомих сполук Mn часто формуються локально – у межах окремих елементарних ділянок, вирв, зон пожеж або техногенного перерозподілу ґрунтової маси [4; 7; 9].

Мета – оцінити сучасний стан ґрунтів Херсонської обл., що зазнали впливу бойових дій, за вмістом рухомих сполук марганцю та встановити особливості просторової неоднорідності їх розподілу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема воєнно зумовленої трансформації ґрунтів посідає дедалі помітніше місце у сучасних дослідженнях з ґрунтознавства, агроекології та екотоксикології. У класичних і новітніх роботах показано, що бойові дії спричиняють не лише механічне руйнування ґрунтового профілю, а й зміни його фізико-хімічних властивостей, локальне накопичення токсичних речовин, порушення водного режиму та формування мозаїчної просторової структури забруднення [1; 2; 10]. Для України ця проблематика набула особливої актуальності після 2022 р., коли значні площі сільськогосподарських угідь зазнали впливу вибухів, пожеж, переміщення важкої техніки, мінування та техногенного засмічення. За сучасними оцінками, саме поєднання механічної деградації, ущільнення, хімічного навантаження і вторинного перерозподілу забруднювачів визначає специфіку функціонування воєнно порушених ґрунтів та ускладнює їх повернення до екологічно безпечного сільськогосподарського використання [2–4; 11; 12].

Окремий напрям досліджень стосується Mn як елемента з подвійною екологічною роллю. З одного боку, Mn є незамінним мікроелементом, що бере участь у фотосинтезі, ферментативних реакціях і функціонуванні системи ґрунт–рослина. З іншого боку, за певних ґрунтових умов його рухомі форми можуть накопичуватися до рівнів, що зумовлюють токсикологічні

ризики для рослин, ґрунтової біоти й суміжних компонентів довкілля [5; 6]. У сучасній науковій літературі наголошено, що екологічне значення Mn визначається не стільки його валовим вмістом, скільки формами перебування, біодоступністю та здатністю переходити в ґрунтовий розчин [5–7]. Саме тому в агроекологічних дослідженнях усе більшу увагу приділяють не тільки загальному вмісту Mn, а й аналізу його мобільності, потенційної доступності для рослин і просторової мінливості в межах конкретних ґрунтових контурів [8].

Важливими для інтерпретації вмісту рухомих сполук Mn є праці, присвячені чинникам його міграції у ґрунті. Дослідження останніх років показують, що біодоступність Mn тісно пов'язана з реакцією ґрунтового розчину, окисно-відновними умовами, вмістом органічної речовини, гранулометричним складом і мінералогічними особливостями ґрунту [6–8]. Дослідженнями F. Xu і P. Li [7] встановлено, що поведінка Fe і Mn у ґрунтовому профілі визначається насамперед біогеохімічними перетвореннями за зміни окисно-відновних умов, а це безпосередньо впливає на перехід Mn у більш або менш рухомі форми. Z. Dinić, J. Maksimović, A. Stanojković-Sebić і R. Pivić [8] встановили, що для прогнозування біодоступності Mn ключове значення мають рН, органічна речовина та тип ґрунту, причому моделі, побудовані з урахуванням ґрунтової специфіки, істотно підвищують точність оцінювання. Водночас огляд R. Terzano та співавт. [9] показав, що термічний вплив і пожежі можуть істотно змінювати розподіл і біодоступність потенційно токсичних елементів у сільськогосподарських ґрунтах, що є особливо важливим для територій, ушкоджених унаслідок обстрілів і загорянь. Практичний аспект цієї проблеми пов'язаний також із розробленням підходів до іммобілізації та ремедіації Mn у забруднених ґрунтах, що нині розглядається як один із перспективних напрямів післявоєнного відновлення земель сільськогосподарського призначення [6].

Для України особливий інтерес становлять праці, у яких вивчено вміст важких металів у ґрунтах, що безпосередньо зазнали бойового впливу. Так, у Сумському та Охтирському р-нах Сумської обл. Ю.О. Зайцев, О.М. Грищенко та ін. [16] встановили, що середній вміст валових форм Mn на забруднених територіях був у 4,8 раза вищим за фонове значення, а перевищення ГДК валового вмісту Mn зафіксовано у двох пробах ґрунту. Це дослідження є важливим,

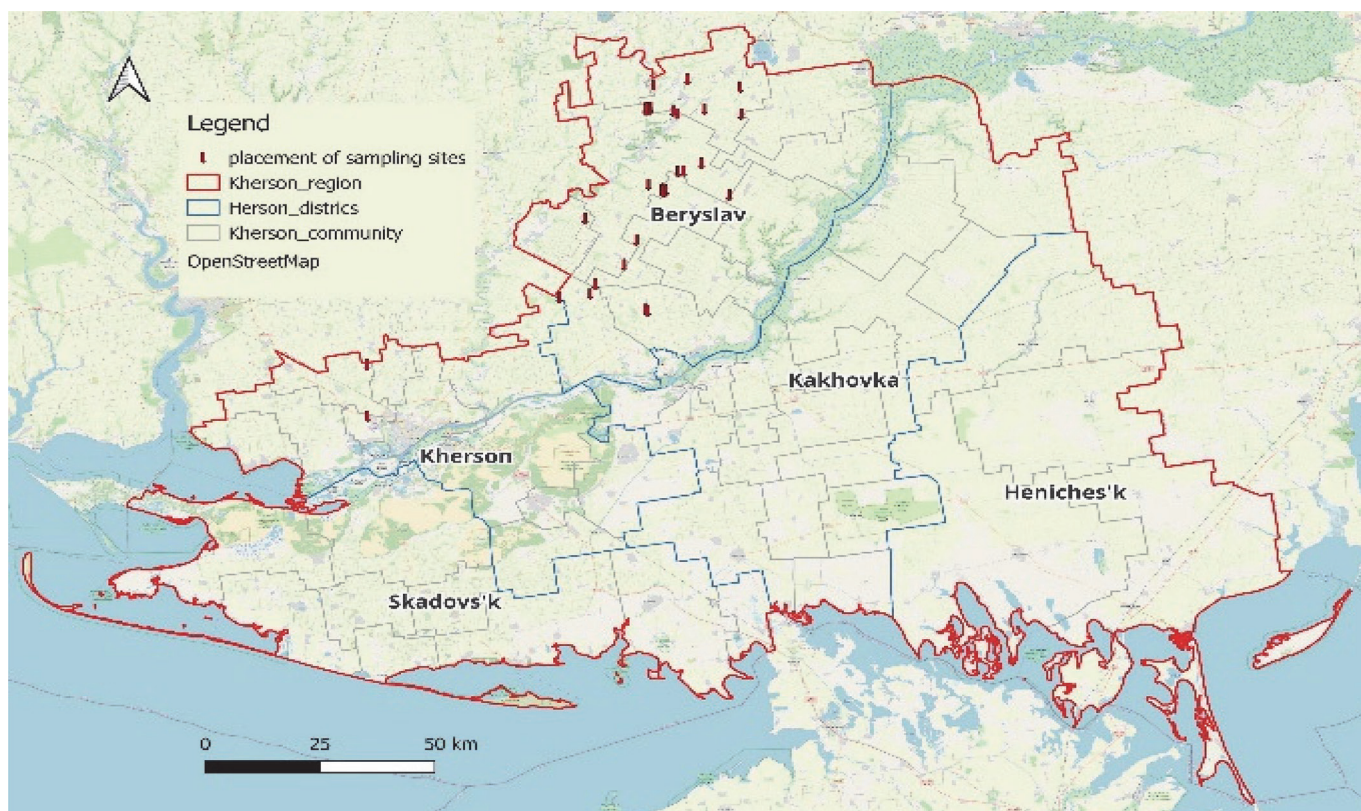


Рис. 1. Місця розташування дослідних полів, Херсонська обл., CS63

оскільки демонструє чітку реакцію Mn на воєнно-техногенне навантаження, але стосується переважно валових форм елемента. На землях сільськогосподарського призначення Миколаївської обл., які зазнали впливу бойових дій, вміст рухомих сполук Mn зростав у 6,5–11,2 рази, хоча перевищення ГДК за цим показником не виявлено [17]. Це свідчить про необхідність розрізняти абсолютне нормативне перевищення і воєнно зумовлене зростання вмісту рухомих форм елемента. Подібні закономірності відзначено також у працях, присвячених хімічному стану ґрунтів у зоні бойових дій та на військово-техногенно навантажених територіях, де підкреслюється роль уламкового матеріалу, паливно-мастильних речовин, локального закислення та просторової строкатості забруднення [12; 14; 15].

Попри зростання кількості таких публікацій, для Херсонської обл. питання просторової неоднорідності саме рухомих сполук Mn на землях, ушкоджених унаслідок різних видів мілітарного впливу, залишається висвітленим недостатньо. Наявні роботи або зосереджені на загальних екологічних наслідках війни для ґрунтового покриву [2; 3; 10–12], або аналізують інші регіони України [4; 16; 17], або розглядають Mn переважно в ширшому біогеохімічному та агрохімічному контексті [5–9]. У зв'язку

з цим актуальним є дослідження, в якому поєднано агрохімічну оцінку забезпеченості ґрунтів Mn, еколого-токсикологічний аналіз його рухомих форм і просторову деталізацію результатів у межах окремих землекористувань.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом досліджень слугували 347 проб ґрунту, відібраних із 24 земельних ділянок загальною площею 1496,7111 га, що зазнали впливу бойових дій на території Бериславського та Херсонського р-нів Херсонської обл. Просторове розміщення дослідних полів у межах області відображає їхню територіальну представленість і нерівномірний розподіл у межах постраждалих громад (рис. 1).

Відомості про місця відбору проб та адміністративне розташування досліджених ділянок наведено в табл. 1.

У дослідження було включено землі, розташовані в межах Борозенської, Високопільської, Великоолександрівської, Тягинської, Калинівської, Чорнобаївської, Херсонської та Бериславської територіальних громад. На підготовчому етапі за кадастровими номерами та матеріалами попередніх обстежень встановлювали місце розташування кожної ділянки, її адміністративне підпорядкування, вид землекористування та агровиробничу групу ґрунтів. Одночасно

Таблиця 1. Місця відбору проб ґрунту на території Херсонської обл., 2025 р.

№ ділянки	Місце відбору
1	с. Дмитренка Борозенської ТГ Бериславського р-ну
2	с. Іванівка Високопільської ТГ Бериславського р-ну
3	с. Новопетрівка Високопільської ТГ Бериславського р-ну
4	с. Благодатне Високопільської ТГ Бериславського р-ну
5	с. Костирка Високопільської ТГ Бериславського р-ну
6	с. Незламне Високопільської ТГ Бериславського р-ну
7, 9	с. Трифонівка Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну
8, 10	с. Старосілля Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну
11, 12, 23	смт. Велика Олександрівка Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну
13, 15	с. Садок Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну
14	с. Іщенка Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну
16	с. Стариця Борозенської ТГ Бериславського р-ну
17	с. Криничанка Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну
18	с. Таврійське Тягинської ТГ Бериславського р-ну
19	с. Сухий Ставок Калинівської ТГ Бериславського р-ну
20	с. Барвінок Чорнобаївської ТГ Херсонського р-ну
21	с. Чорнобаївка Комишанської селищної ради Херсонської ТГ Херсонського р-ну
22	с. Кам'яне Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну
24	с. Тараса Шевченка Бериславської ТГ Бериславського р-ну

фіксували видимі ознаки мілітарного впливу, зокрема вирви, сліди пожеж, залишки техніки, боєприпасів і нафтопродуктів, ознаки фортифікаційних споруд та ущільнення ґрунту (табл. 2).

Ґрунтовий покрив обстежених територій є неоднорідним і представлений переважно чорноземами південними різного ступеня змитості та гранулометричного складу, лучно-чорноземними глеюватими і глейовими подовими, а також темно-каштановими та лучно-каштановими ґрунтами (табл. 3). Таке різноманіття ґрунтових умов має істотне значення для оцінювання рухомості марганцю, оскільки її визначають реакція ґрунтового розчину, окисно-відновні умови, ступінь оглеєння, гранулометричний і мінералогічний склад, уміст органічної речовини та сорбційні властивості ґрунту.

Відбір проб проводили відповідно до вимог ДСТУ 4287:2004. Земельні масиви поділяли на елементарні ділянки площею до 5 га, що забезпечувало вищу просторову деталізацію дослідження. Із кожної елементарної ділянки відбирали 20–25 індивідуальних проб, з яких формували один змішаний зразок. Відбір здійснювали з глибини орного шару 0–30 см, але не менше 10 см. Просторову організацію елементарних

ділянок показано на прикладі поля № 9, розташованого в межах с. Трифонівка Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну Херсонської обл. (рис. 2).

Лабораторне оцінювання еколого-токсикологічного стану ґрунтів здійснювали в аналітичних лабораторіях Північно-Східного та Південно-Східного міжрегіональних центрів, а також у лабораторії центрального апарату ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» згідно з чинними нормативно-методичними документами, затвердженими на державному рівні. Уміст рухомих сполук Mn визначали відповідно до ДСТУ 4770.1:2007. Групування ґрунтів за агрохімічними та токсикологічними показниками здійснювали відповідно до Методики проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [18], а для екотоксикологічної оцінки використовували норматив гранично допустимої концентрації рухомих сполук Mn у ґрунті – 140 мг/кг [19].

Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням показників описової статистики: середнього значення, мінімуму, максимуму, стандартної помилки, середньоквадратичного відхилення та коефіцієнта варіації в пакеті програм Excel та

Таблиця 2. Дані про ушкодження території внаслідок ведення бойових дій

№ ділянки	Інформація про мілітарний вплив
1	Мінування. Ущільнення ґрунту. Виявлено 4 вирви завглибшки 40–70 см і діаметром від 2,0 до 3,0 м, залишки знищеної техніки та залишки боєприпасів
2	Мінування, артилерійські та мінометні обстріли. Виявлено 5 вирв глибиною до 0,8 м і діаметром близько 1,5 м, сліди пожеж, залишки боєприпасів, частини снарядів і реактивних систем залпового вогню «Град» та «Ураган»
3	Мінування. Ущільнення ґрунту. Виявлено вирви та залишки боєприпасів
4	Мінування, ракетні, артилерійські та мінометні обстріли. Виявлено 15 вирв завглибшки від 0,5 до 1,0 м і діаметром до 3 м, залишки нерозірваних боєприпасів і частини снарядів та ракет
5	Артилерійські та мінометні обстріли, сліди пожеж
6	Артилерійські та мінометні обстріли. Виявлено 2 вирви завглибшки до 1,0 м і діаметром близько 2 м
7	Мінування, ущільнення ґрунту, ракетні, артилерійські, мінометні обстріли та авіабомбові удари. Виявлено 5 вирв завглибшки до 1,0 м і діаметром 2,5–3,0 м, сліди пожеж та залишки боєприпасів
8	Мінування, обстріли некерованими авіаційними ракетами («НУРС»). Виявлено невеликі вирви, сліди пожеж, залишки зброї та боєприпасів
9	Мінування, ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви, сліди пожеж, залишки нафтопродуктів та боєприпаси та їх залишків.
10	Ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви, сліди пожеж, залишки нафтопродуктів та боєприпаси
11	Ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено чотири невеликі вирви та одну завглибшки 2,0 м і завширшки 3,0 м, залишки зброї, зокрема ракет, касетних боєприпасів і фортифікаційні споруди
12	Ракетні і мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви та численні уламки боєприпасів
13	Ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви, залишки зброї та боєприпасів
14	Мінування, ракетні, артилерійські і мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви, сліди пожеж, знищену техніку, залишки нафтопродуктів і боєприпаси
15	Мінування, ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви, залишки зброї та боєприпасів
16	Мінування, ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирву завглибшки близько 1 м і діаметром близько 5 м та п'ять вирв меншого розміру, залишки приповерхневих фортифікаційних споруд, боєприпасів, зокрема фрагменти ракет РСЗВ «Ураган» та артилерійські снаряди 122 калібру
17	Ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви, сліди пожеж, знищену техніку, боєприпаси та їх залишки
18	Ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено п'ять вирв завглибшки близько 0,5–0,7 м і завширшки 1,0–1,2 м, залишки боєприпасів
19	Мінування, ракетні, авіаційні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено значну кількість вирв, зокрема 13 вирв завглибшки 3,0 м і діаметром 5 м, 31 вирву завглибшки 1,5 м і діаметром 2,5 м, сліди пожеж, залишки нафтопродуктів, зброї та боєприпасів, знищену техніку
20	Артилерійські та мінометні обстріли. Виявлено незначні вирви, сліди пожеж, залишки зброї та боєприпасів
21	Мінування, ракетні, артилерійські і мінометні обстріли. Виявлено 15 вирв завглибшки 1,0–1,5 м і діаметром 1,0–1,7 м, сліди пожеж, боєприпаси та їх залишки
22	Ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено вирви, сліди пожеж, залишки боєприпасів
23	Мінування, артилерійські і мінометні обстріли, ущільнення ґрунту. Виявлено незначні вирви, сліди пожеж, залишки зброї та боєприпасів
24	Мінування, артилерійські обстріли та атаки БПЛА, ущільнення ґрунту. Виявлено 10 вирв завглибшки близько 2 м і діаметром близько 8 м, сліди пожеж та залишки боєприпасів

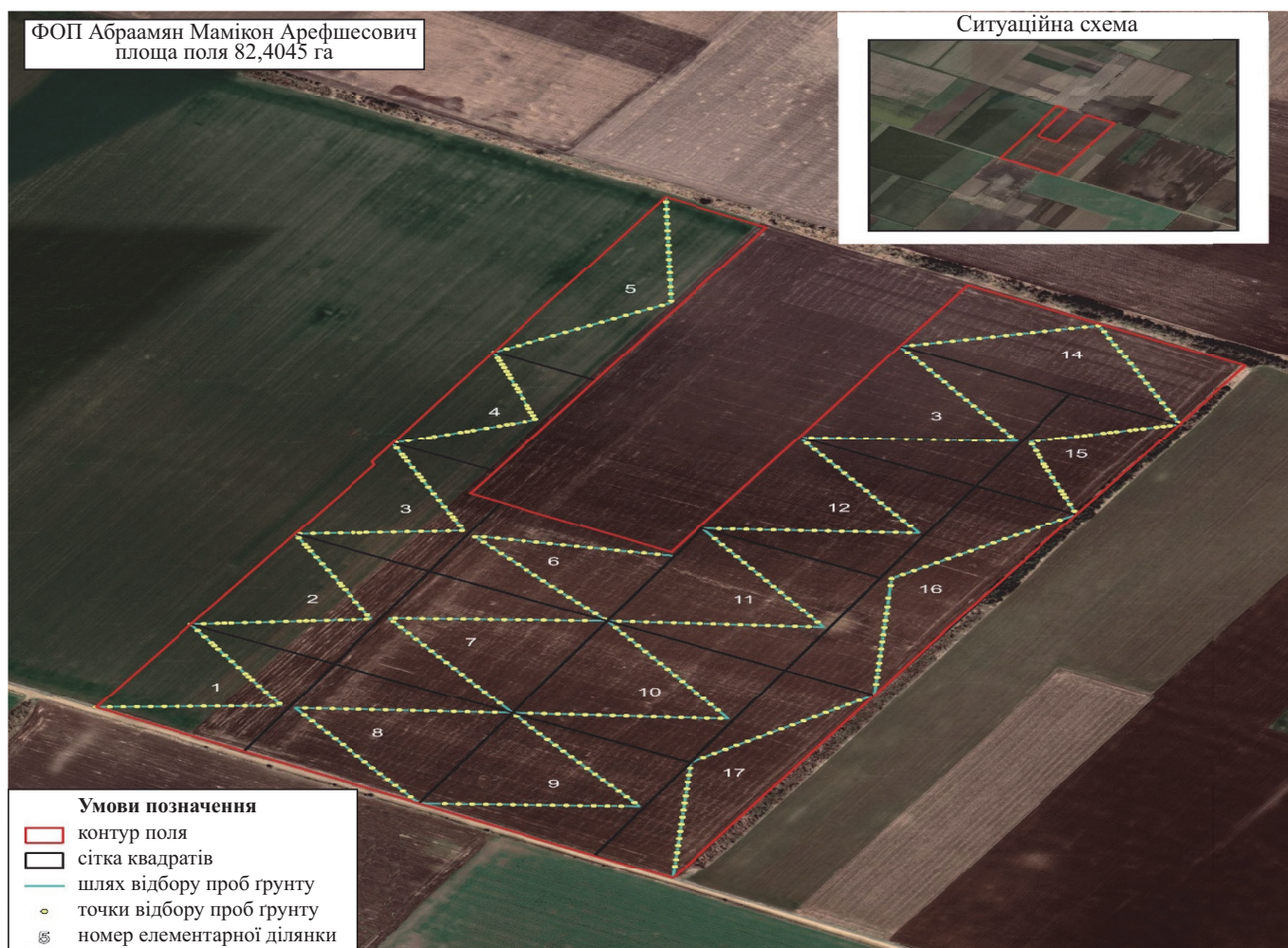


Рис. 2. Розміщення елементарних ділянок на полі № 9 розташованому на території с. Трифонівка Великоолександрівської ТГ Бериславського р-ну Херсонської обл. (приклад)

Statistica 6.0. Просторову неоднорідність оцінювали за поєднанням середніх значень по полях, меж їх варіювання, структури розподілу площ за рівнями забруднення та набору рівнів забруднення, виявлених у межах кожної окремої ділянки.

Результати та їх обговорення. Результати визначення вмісту рухомих сполук Мп засвідчили, що на обстежених землях Херсонської обл. цей показник характеризується вираженою просторовою неоднорідністю, що є типовим для ґрунтів, порушених унаслідок бойових дій. Поєднання різної інтенсивності мілітарного впливу, механічного порушення орного шару, наявності вирв, слідів пожеж, залишків боєприпасів і нафтопродуктів формує мозаїчний розподіл Мп навіть у межах одного землекористування.

Середньозважений уміст рухомих сполук Мп в ґрунтах 24 досліджених земельних ділянок становив 52,44 мг/кг, що в середньому відповідало слабкому рівню забруднення (табл. 4). Водночас варіювання середніх значень для окремих полів

відзначалося широким діапазоном значень – від 9,59 до 226,64 мг/кг. Стандартна помилка становила 9,85 мг/кг, середньоквадратичне відхилення – 48,16 мг/кг, а загальний коефіцієнт варіації сягав 91,9%, що свідчить про дуже високий рівень просторової мінливості показника та підтверджує мозаїчний характер розподілу рухомих сполук Мп на землях, ушкоджених унаслідок бойових дій.

Найвищі середні значення вмісту рухомих сполук Мп встановлено на ділянці № 22 у межах с. Кам'яне Великоолександрівської територіальної громади Бериславського р-ну – 226,64 мг/кг, а також на ділянках № 9 і № 7 у межах с. Трифонівка тієї самої громади – відповідно 129,37 і 105,83 мг/кг. Для цих територій характерне поєднання інтенсивних форм воєнного впливу: у с. Кам'яне зафіксовано ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, вирви, сліди пожеж і залишки боєприпасів, тоді як у с. Трифонівка відзначено мінування, ущільнення ґрунту, артилерійські й мінометні обстріли, а на окремих

Таблиця 3. Агровиробничі групи ґрунтів на обстежених ділянках

№ ділянки	Шифр та назва агровиробничої групи
1, 13, 14, 15, 23	71е – чорноземи південні важкосуглинкові і легкоглинисті та їх слабо- і залишково-солонцюваті відмін (<i>особливо цінні ґрунти</i>)
2, 3	74е – чорноземи південні слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті
4	74г – чорноземи південні слабозмиті легкосуглинкові, 74д – чорноземи південні слабозмиті середньосуглинкові, 75д – чорноземи південні середньозмиті середньосуглинкові, 76г – чорноземи південні сильнозмиті легкосуглинкові, 76д – чорноземи сильнозмиті середньосуглинкові, 133д – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни середньосуглинкові
5, 12	166е – лучно-чорноземні глеюваті і глейові подові важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
6, 7, 9, 11, 16	71е – чорноземи південні важкосуглинкові і легкоглинисті та їх слабо- і залишково-солонцюваті відмін (<i>особливо цінні ґрунти</i>), 166е – лучно-чорноземні глеюваті і глейові подові важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
8	74г – чорноземи південні слабозмиті легкосуглинкові, 74д – чорноземи південні слабозмиті середньосуглинкові, 217 – розмиті ґрунти і виходи елювію щільних карбонатних порід
10	74г – чорноземи південні слабозмиті легкосуглинкові, 92б – чорноземи на пісках незмиті та слабозмиті глинисто-піщані, 133е – лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни важкосуглинкові і легкоглинисті
17	74е – чорноземи південні слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті, 77е – чорноземи південні слабодельфовані важкосуглинкові і легкоглинисті
18	74е – чорноземи південні слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті, 75е – чорноземи південні середньозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті
19, 24	71е – чорноземи південні важкосуглинкові і легкоглинисті та їх слабо- і залишково-солонцюваті відмін (<i>особливо цінні ґрунти</i>), 74е – чорноземи південні слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті
20	107е – темно-каштанові слабосолонцюваті важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти, 167е – лучно-каштанові глеюваті і глейові подові важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти
21	110д – темно-каштанові слабозмиті середньосуглинкові ґрунти, 111д – темно-каштанові середньо- і сильнозмиті середньосуглинкові ґрунти
22	71е – чорноземи південні важкосуглинкові і легкоглинисті та їх слабо- і залишково-солонцюваті відмін (<i>особливо цінні ґрунти</i>), 74е – чорноземи південні слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті, 75е – чорноземи південні середньозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті

полях – також авіабомбові удари, залишки нафто-продуктів і численні залишки боеприпасів. Таке поєднання механічного порушення верхнього шару та локального техногенного навантаження, імовірно, є однією з причин підвищеного вмісту рухомих форм Мп саме на цих ділянках.

Найнижчі значення встановлено на ділянці № 14 у межах с. Іщенка Великоолександрівської територіальної громади – 9,59 мг/кг та на ділянці № 21 у межах с. Чернобаївка Комишанської селищної ради Херсонської територіальної громади – 9,77 мг/кг. Водночас навіть для цих земельних ділянок не можна говорити про повну однорідність, оскільки межі варіювання показника становили 6,89–15,45 і 3,64–14,37 мг/кг відповідно, а коефіцієнт варіації – 39,5 і 39,7%. Це вказує на те, що навіть за невисоких значень уміст

рухомого Мп на землях, ушкоджених унаслідок бойових дій залишається просторово неоднорідним у межах поля. Для ділянки № 14 це узгоджується з даними польового обстеження, де відзначено мінування, ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, сліди пожеж, знищену техніку, нафтопродукти й боеприпаси. Для ділянки № 21 також характерні мінування, ракетні й артилерійсько-мінометні обстріли та значна кількість вирв. Отже, сам факт інтенсивного воєнного впливу не завжди прямо відображається у високому середньому вмісті Мп, що свідчить про вагому роль локальних ґрунтових умов і просторово неоднорідного техногенного навантаження.

Окремої уваги заслуговує внутрішньоділянкова мінливість показника. Найнижчий коефіцієнт варіації зафіксовано на ділянці № 6 у с. Незламне – 14,5%,

Таблиця 4. Уміст рухомих сполук марганцю у ґрунтах досліджуваних ділянок, які зазнали впливу внаслідок бойових дій на території Херсонської обл., 2025 р.

№ ділянки	Марганець, мг/кг ґрунту, $\bar{x}$	Ступінь забезпеченості / рівень забруднення	min...max, мг/кг	V, %
1	46,86	Дуже високий	11,36...69,49	31,6
2	62,92	Слабке	23,48...139,62	55,7
3	52,25	Слабке	23,24...129,11	59,6
4	50,94	Слабке	17,06...86,83	29,4
5	59,12	Слабке	34,67...95,84	32,0
6	71,39	Слабке	56,98...84,98	14,5
7	105,83	Помірне	49,93...185,93	36,7
8	41,98	Дуже високий	32,44...61,75	26,6
9	129,37	Помірне	55,89...358,61	75,9
10	82,97	Слабке	31,45...121,80	33,4
11	25,25	Дуже високий	4,27...42,23	37,0
12	49,51	Дуже високий	36,54...67,16	23,1
13	31,93	Дуже високий	19,81...42,84	22,0
14	9,59	Середній	6,89...15,45	39,5
15	60,32	Слабке	39,15...118,82	37,5
16	14,95	Підвищений	5,91...35,35	52,5
17	18,37	Високий	9,69...27,79	29,1
18	11,74	Підвищений	5,18...23,97	50,8
19	16,36	Високий	0,57...29,12	48,3
20	17,80	Високий	2,32...44,92	79,2
21	9,77	Середній	3,64...14,37	39,7
22	226,64	Підвищене*	30,60...443,30	64,3
23	39,75	Дуже високий	19,09...49,52	40,6
24	22,83	Дуже високий	12,41...46,21	51,0
Середнє значення	52,44	Слабке	–	42,08
Стандартна помилка	9,85	–	–	–
Середньоквадратичне відхилення	48,16	–	–	–
Коефіцієнт варіації	91,9	–	–	–
Min	9,59	–	–	14,5
Max	226,64	–	–	79,2

Примітка. * Показник перевищує ГДК для рухомих сполук марганцю (140 мг/кг ґрунту).

що свідчить про відносно вирівняний розподіл Mn в межах цього поля. Натомість найвищі значення коефіцієнта варіації встановлено на ділянці № 20 у с. Барвінок – 79,2%, на ділянці № 9 у с. Трифонівка – 75,9% та на ділянці № 22 у с. Кам'яне – 64,3%. Для с. Барвінок характерні артилерійські та мінометні обстріли, сліди пожеж, залишки зброї та боєприпасів; для с. Трифонівка і с. Кам'яне – поєднання обстрілів, вирв, ущільнення, нафтопродуктів і залишків боєприпасів. Отже, високі значення V, %

відображають не лише природну неоднорідність ґрунтового покриву, а й істотну строкатість впливу військових дій у межах окремих полів

За показниками забезпеченості Mn лише 4,37% обстеженої території характеризувалося дуже низьким і низьким умістом елемента, 3,69% – середнім, 8,47% – підвищеним, 5,67% – високим і 38,54% – дуже високим. Отже, для більшості досліджених земель дефіцит Mn не є визначальним, тоді як більш актуальними є локальне надлишкове накопичення

Таблиця 5. Розподіл обстеженої площі досліджуваних ділянок Херсонської обл. за рівнями забруднення рухомими сполуками марганцю, 2025 р.

№ ділянки	Чиста територія		Слабке забруднення, 50–99,4 мг/кг		Помірне, 99,5–149,4 мг/кг		Середнє, 149,5–199,4 мг/кг		Підвищене, 199,5–249,4 мг/кг		Високе, 249,5–299,4 мг/кг		Дуже високе, >299,5 мг/кг	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1	75,0	53,4	65,5	46,6			–	–	–	–	–	–	–	–
2	69,3	46,9	51,2	34,6	27,3	18,5	–	–	–	–	–	–	–	–
3	84,6	57,8	51,7	35,3	10,1	6,9	–	–	–	–	–	–	–	–
4	65,6	45,6	78,2	54,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	13,0	32,5	27,1	67,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	–	–	29,0	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	5,0	10,5	17,2	36,2	16,7	35,1	8,7	18,2	–	–	–	–	–	–
8	21,6	88,0	2,9	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	–	–	44,4	59,1	8,0	10,7	11,4	15,2	–	–	4,9	6,5	6,3	8,4
10	3,5	13,6	14,0	54,7	8,1	31,7	–	–	–	–	–	–	–	–
11	66,7	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	10,0	66,5	5,0	33,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13	43,4	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	14,6	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15	20,2	40,5	25,4	50,8	4,4	8,7	–	–	–	–	–	–	–	–
16	64,8	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17	62,8	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18	66,1	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
19	88,5	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	51,4	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
21	24,5	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
22	10,3	12,9	8,9	11,1	15,0	18,7	4,3	5,3	5,5	6,8	8,5	10,6	27,7	34,6
23	11,8	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
24	36,3	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25	909,1	60,7	420,7	28,1	89,6	6,0	24,4	1,6	5,5	0,4	13,4	0,9	34,0	2,3

його рухомих форм і виражена просторова неоднорідність їх розподілу.

За даними табл. 5, 60,7% обстеженої площі не мало ознак забруднення рухомими сполуками Мп, тоді як 39,3% характеризувалося певним рівнем забруднення. У структурі забруднених площ переважав слабкий рівень – 28,1%, тоді як сумарна частка помірного, середнього, підвищеного, високого і дуже високого рівнів становила 11,2% (рис. 3).

Повна відсутність забруднення була характерна для ділянок № 11, 13, 14, 16–21, 23 і 24, розташованих у межах с-ща Велика Олександрівка, сіл Садов, Іщенка, Стариця, Криничанка, Таврійське, Сухий Ставок, Барвінок, Чорнобаївка та Тараса Шевченка. Водночас

для частини цих територій також фіксували мінування, обстріли, вирви, сліди пожеж, залишки техніки, нафтопродуктів і боєприпасів, що свідчить про відсутність прямої залежності між самим фактом воєнного ушкодження та високим умістом рухомих сполук Мп.

Слабкий рівень забруднення переважав на ділянках № 1, 4, 5, 6, 8 і 12, розташованих у межах с. Дмитренка, Благодатне, Костирка, Незламне, Старосілля та смт. Велика Олександрівка. На ділянках № 2, 3, 10 і 15, що знаходяться в межах сіл Іванівка, Новопетрівка, Старосілля та Садов, виявлено поєднання чистих територій, слабого і помірного рівнів забруднення, що вказує на мозаїчний характер розподілу рухомих сполук Мп у межах окремих полів.

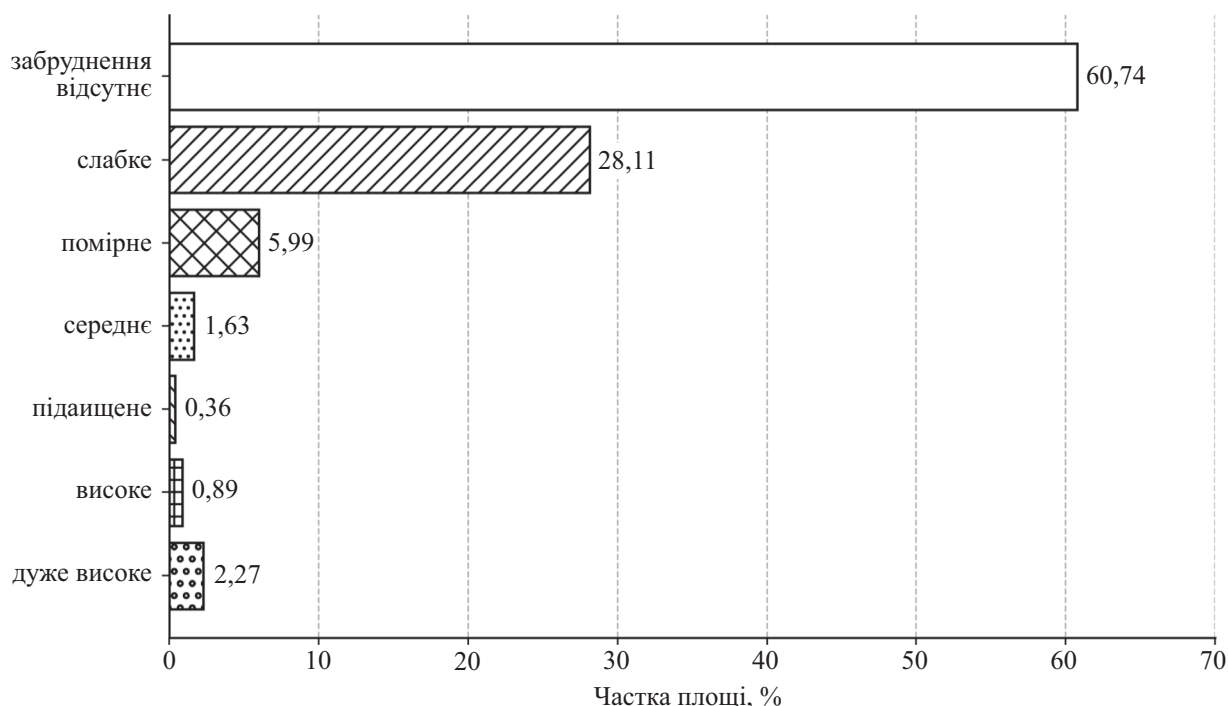


Рис. 3. Структура розподілу обстеженої площі за рівнями забруднення рухливими сполуками марганцю на території Херсонської обл., 2025 р.

Найбільш контрастний розподіл встановлено на ділянках № 7, 9 і 22. На полі № 7 у межах с. Трифонівка, де зафіксовано мінування, ущільнення ґрунту, артилерійські, мінометні та авіаційні удари, 36,2% площі характеризувалося слабким, 35,1% – помірним і 18,2% – середнім рівнем забруднення. На полі № 9 у тому самому населеному пункті, де додатково виявлено сліди пожеж, нафтопродуктів та залишки боєприпасів, поряд зі слабким (59,1%) і помірним (10,7%) рівнями встановлено середній (15,2%), високий (6,5%) і дуже високий (8,4%) рівні. Найскладнішу структуру забруднення зафіксовано на полі № 22 у межах с. Кам'яне, де слабкий рівень охоплював 11,1% площі, помірний – 18,7%, середній – 5,3%, підвищений – 6,8%, високий – 10,6% і дуже високий – 34,6%. Саме для цієї ділянки характерне поєднання артилерійських і мінометних обстрілів, вирв, слідів пожеж і залишків боєприпасів, що узгоджується з найбільшою просторовою контрастністю вмісту рухомих форм Мп.

Перевищення гранично допустимої концентрації рухомих сполук Мп (140 мг/кг) встановлено на окремих елементарних ділянках трьох полів (див. табл. 4). На полі № 7 у с. Трифонівка вміст Мп становив 161,37–185,93 мг/кг на площі 8,69 га, на полі № 9 – 151,37–358,61 мг/кг на площі 26,63 га, а на полі № 22 у с. Кам'яне – 198,08–443,32 мг/кг на площі 45,93 га.

Загальна площа ділянок із перевищенням нормативу становила 81,25 га, або 5,43% обстеженої території.

Висновки

У ґрунтах 24 земельних ділянок Херсонської обл., ушкоджених унаслідок бойових дій, встановлено виражену просторову неоднорідність вмісту рухомих сполук марганцю. Середньозважений вміст становив 52,44 мг/кг, що загалом відповідало слабкому рівню забруднення, тоді як середні значення по окремих полях варіювали від 9,59 до 226,64 мг/кг. Загальний коефіцієнт варіації дорівнював 91,9%, що свідчить про дуже високий рівень просторової мінливості показника.

У структурі обстеженої площі 60,74% території характеризувалося відсутністю забруднення рухливими сполуками марганцю, 28,11% – слабким, 5,99% – помірним, 1,63% – середнім, 0,36% – підвищеним, 0,89% – високим і 2,27% – дуже високим рівнем забруднення. За показниками забезпеченості марганцем 38,54% площі належало до категорії дуже високого вмісту, тоді як частка дуже низького і низького вмісту становила лише 4,37%. Найбільш контрастну структуру забруднення виявлено на полях № 7 і 9 у межах с. Трифонівка та № 22 – с. Кам'яне.

Перевищення гранично допустимої концентрації рухомих сполук марганцю (140 мг/кг) встановлено на окремих елементарних ділянках полів № 7, 9

і 22 загальною площею 81,25 га, або 5,43% від обстеженої території. Одержані результати свідчать, що формування підвищеного вмісту рухомих форм марганцю зумовлене поєднанням ґрунтових умов і локального воєнно-техногенного навантаження.

Тому, оцінювання таких земель лише за середніми значеннями є недостатнім і потребує просторово деталізованого моніторингу з виокремленням локальних ділянок підвищеного ризику перед поверненням земель до сільськогосподарського використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Certini, G., Scalenghe, R., & Woods, W. I. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*, 127, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009>.
2. Pereira, P., Bašić, F., Bogunovic, I., & Barceló, D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*, 837, 155865. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>.
3. Solokha, M., Demyanyuk, O., Symochko, L., Mazur, S., Vynokurova, N., Sementsova, K., & Marychuk, R. (2024). Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine. *Land*, 13(10), 1614. <https://doi.org/10.3390/land131016>.
4. Smirnova, K., Baliuk, S., Kucher, A., Vorotyntseva, L., & Honcharova, A. (2024). Ecological and toxicological condition of militarily degraded chernozems: A case study of the Chkalovsk territorial community. *Scientific Horizons*, 27(11), 90–104. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2024.90>.
5. Obeng, S. K., Kulhánek, M., Balík, J., Černý, J., & Sedlář, O. (2024). Manganese: From Soil to Human Health—A Comprehensive Overview of Its Biological and Environmental Significance. *Nutrients*, 16(20), 3455. <https://doi.org/10.3390/nu16203455>.
6. Kumar, A., Kumar, V., Bali, A. S., Thakur, M., Kaur, H., Sharma, A., Radziemska, M., & Santosh, M. (2026). Manganese in soil–plant systems: Biogeochemical cycling, bioavailability, toxicity, and remediation. *Biology and Fertility of Soils*. <https://doi.org/10.1007/s00374-026-02007-6>.
7. Xu, F., & Li, P. (2024). Biogeochemical mechanisms of iron (Fe) and manganese (Mn) in groundwater and soil profiles in the Zhongning section of the Weining Plain (northwest China). *Science of The Total Environment*, 939, 173506. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173506>.
8. Dinić, Z., Maksimović, J., Stanojković-Sebić, A., & Pivić, R. (2019). Prediction Models for Bioavailability of Mn, Cu, Zn, Ni and Pb in Soils of Republic of Serbia. *Agronomy*, 9(12), 856. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120856>.
9. Terzano, R., Rascio, I., Allegretta, I., Porfido, C., Spagnuolo, M., Khangahi, M. Y., Crecchio, C., Sakellariadou, F., & Gattullo, C. E. (2021). Fire effects on the distribution and bioavailability of potentially toxic elements (PTEs) in agricultural soils. *Chemosphere*, 281, 130752. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130752>.
10. Hryhorczuk, D., Levy, B. S., Prodanchuk, M., Kravchuk, O., Bubalo, N., Hryhorczuk, A., & Erickson, T. B. (2024). The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12995-023-00398-y>.
11. Балюк, С.А., Кучер, А.В., Солоха, М.О., Соловей, В.Б., Смірнова, К.Б., Момот, Г.Ф., & Левін, А.Я. (2022). Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриву, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наукова доповідь. Харків: ФОП Бровін О. В. URL: <https://lnk.ua/gHJz5WUzq>.
12. Сплідитель, А., Голубцов, О., Чумаченко, С., & Сорокіна, Л. (2023). Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО «Центрекологічних ініціатив «Екодія». URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary.pdf>.
13. Shaforost, Y., Pogrebniak, O., Lut, O., Litvin, V., & Shevchenko, O. (2024). Chemical military-technogenic load on the soils of military training grounds. *Plant and Soil Science*, 15(2), 67–79. <https://doi.org/10.31548/plant2.2024.67>.
14. Shukla, S., Mbingwa, G., Khanna, S., Dalal, J., Sankhyan, D., Malik, A., & Badhwar, N. (2023). Environment and health hazards due to military metal pollution: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 20, 100857. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100857>.
15. Biyashev, B., Drobitko, A., Markova, N., Bondar, A., & Pismenniy, O. (2024). Chemical analysis of the state of Ukrainian soils in the combat zone. *International Journal of Environmental Studies*, 81(1), 199–207. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2271754>.
16. Зайцев, Ю.О., Грищенко, О.М., Романова, С.А., & Зайцева, І. О. (2022). Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах

- Сумського та Охтирського районів Сумської області. *Агроекологічний журнал*, 3, 136–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>.
17. Грищенко, О.М., Паламарчук, Р.П., Шляхтуров, Д.С., Запасний, В.С., & Крупко, Г.Д. (2025). Забруднення ґрунту рухомими формами важких металів унаслідок бойових дій на території Миколаївської області. *Агроекологічний журнал*, 4, 96–107. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2025.345436>.
18. Яцук, І.П., & Балюк, С.А. (Ред.). (2019). *Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення* (2-ге вид., допов.). Київ: ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». URL: <https://iup.gov.ua/wp-content/uploads/2020/07/metodyka-ahrokhimichnoi-rasportyzatsii.pdf>.
19. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин» № 1325. (2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF>.

Hryshchenko O. M., Palamarchuk R.P., Hunchak M.V., Zapasnyi V.S., Yatsenko Yu.M.

Impact of hostilities on the spatial heterogeneity of mobile manganese compounds in the soils of Kherson region

Aim. To assess the current condition of soils in Kherson region affected by hostilities in terms of the content of mobile manganese compounds and to determine the features of the spatial heterogeneity of their distribution. **Methods.** The study was based on 347 composite soil samples collected from 24 land plots with a total area of 1,496.7111 ha within Beryslav and Kherson districts. Soil samples were taken from the 0–30 cm arable layer in accordance with DSTU 4287:2004. The content of mobile manganese compounds was determined in an ammonium-acetate buffer extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry according to DSTU 4770.1:2007. Statistical processing of the results was performed using descriptive statistics. **Results.** It was established that the weighted average content of mobile manganese compounds was 52.44 mg/kg of soil, while the mean values for individual fields varied from 9.59 to 226.64 mg/kg. The overall coefficient of variation was 91.9%, indicating a very high level of spatial variability. The highest mean values were recorded on plots No. 22, 9, and 7 within the villages of Kamiane and Tryfonivka of the Velyka Oleksandrivka territorial community, Beryslav district, amounting to 226.64, 129.37, and 105.83 mg/kg, respectively. In the structure of the surveyed area, 60.74% of the territory was characterized by the absence of contamination, 28.11% by a low level, 5.99% by a moderate level, 1.63% by a medium level, 0.36% by an elevated level, 0.89% by a high level, and 2.27% by a very high level of contamination. Exceedance of the maximum permissible concentration (140 mg/kg) was detected in individual elementary plots of fields No. 7, 9, and 22 with a total area of 81.25 ha. **Conclusions.** The distribution of mobile manganese compounds in the studied soils has a mosaic pattern and is determined by the interaction of soil-related factors and local war-induced technogenic pressure. Such territories require spatially detailed monitoring with the identification of local areas of elevated environmental risk.

Key words: agricultural lands, ecological and toxicological condition, military impact; heavy metals, maximum permissible concentration, agrochemical assessment.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Грищенко О.М., кандидат сільськогосподарських наук, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», e-mail: grischenkoel@ukr.net, ORCID : 0000-0002-1241-7183.

Паламарчук Р.П., доктор філософії, державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», e-mail: prp777@ukr.net, ORCID : 0000-0002-5965-1305.

Гунчак М.В., кандидат сільськогосподарських наук, Чернівецький регіональний центр державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», e-mail: gunchak00@ukr.net, ORCID : 0000-0002-3521-8531.

Запасний В.С., Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», e-mail: pasportyzaciya@iogu.gov.ua, ORCID : 0000-0001-8547-8852.

Яценко Ю.М., Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», e-mail: derjgrunt@ukr.net, ORCID: 0009-0006-3402-3093.

Hryshchenko O. M., Candidate of Agricultural Sciences, State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine», e-mail: grischenkoel@ukr.net, ORCID : 0000-0002-1241-7183.

Palamarchuk R.P., Doctor of Philosophy, State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine», e-mail: prp777@ukr.net, ORCID : 0000-0002-5965-1305.

Hunchak M.V., Candidate of Agricultural Sciences, Chernivtsi regional center of the state institution «Institute of Soil Protection of Ukraine», e-mail: gunchak00@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3521-8531.

Zapasnyi V.S., State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine», e-mail: pasportyzaciya@iogu.gov.ua, ORCID : 0000-0001-8547-8852.

Yatsenko Yu.M., State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine», e-mail: derjgrunt@ukr.net, ORCID: 0009-0006-3402-3093.

Надійшла 15.02.2026

Прийнята до друку 13.04.2026

Опубліковано червень 2026

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА АГРОХІМІЧНИЙ СТАН ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО МАЛОГУМУСНОГО В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ ОРГАНІЧНІЙ СІВОЗМІНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

С.Д. Савченко

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Встановити вплив різних систем органічного удобрення на агрохімічний стан чорнозему типового малогумусного в умовах короткоротаційної органічної сівозміни. **Методи.** Дослідження проведено впродовж 2023–2025 рр. у підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому малогумусному Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН». У трипільній органічній сівозміні (соя – пшениця яра – гречка) вивчали чотири варіанти удобрення: побічна продукція попередника (контроль), побічна продукція + сидерат, побічна продукція + біодобриво «Біо-Гель», побічна продукція + сидерат + біодобриво. Ґрунтові зразки відбирали з шарів 0–20 і 20–40 см; визначали вміст гумусу, лужногідролізного азоту, рухомих сполук фосфору й калію та $pH_{\text{сол}}$. **Результати.** Найвищий вміст гумусу формувався за комплексного удобрення і становив під пшеницею ярою 3,30% у шарі 0–20 см та 2,90% у шарі 20–40 см. Вміст лужногідролізного азоту за комплексної системи зростає порівняно з контролем на 5,5–12,8% у верхньому шарі ґрунту залежно від культури. Найвищі показники азотно-го режиму відзначено під гречкою – 135,7 мг/кг у шарі 0–20 см та 104,7 мг/кг у шарі 20–40 см. Реакція ґрунтового розчину залишалася в межах слабнокислої та близької до нейтральної (pH 5,7–6,2). Вміст рухомих сполук фосфору відповідав дуже високому рівню забезпеченості, а калію – високому та дуже високому. **Висновки.** Комплексне поєднання побічної продукції попередника, сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель» є ефективним елементом органічної системи удобрення для підтримання родючості чорнозему типового малогумусного.

Ключові слова: землеробство, біологізована сівозміна, ґрунт, гумус, лужногідролізний азот, рухомий фосфор, рухомий калій, сидерати, біодобрива.

Вступ. Збереження та відтворення родючості ґрунтів є одним із ключових завдань сучасного землеробства, особливо в умовах поширення органічного виробництва та необхідності зниження антропогенного навантаження на агроєкосистеми. Для органічних систем господарювання характерним є обмеження або повне вилучення синтетичних мінеральних добрив і пестицидів, тому стабільність продукційного процесу значною мірою залежить від здатності агротехнологій підтримувати позитивний баланс органічної речовини та елементів живлення.

Чорноземи Лівобережного Лісостепу України мають високий природний потенціал родючості, однак тривале інтенсивне використання ріллі, скорочення надходження органічних добрив, порушення сівозмін і зміна кліматичних умов посилюють ризики деґуміфікації, дисбалансу поживних елементів та зниження біологічної активності ґрунту. У таких умовах

важливого значення набувають біологізовані системи удобрення, що поєднують побічну продукцію попередників, сидеральні культури та біодобрива.

Сидерація забезпечує надходження до ґрунту свіжої органічної маси, сприяє поліпшенню структури, водного режиму й активності мікробіоти. Сучасні узагальнення свідчать, що зелені добрива здатні підвищувати вміст органічної речовини, азоту, а також сприяти мобілізації фосфору та калію, однак ефективність цього заходу істотно залежить від ґрунтово-кліматичних умов, складу сівозміни та способу використання біомаси [1; 2].

Додатковим елементом біологізації є застосування рідких органічних біодобрив, які можуть активізувати мікробіологічні процеси, прискорювати трансформацію рослинних решток і підвищувати доступність елементів живлення. Водночас комплексний вплив побічної продукції, сидератів і біодобрив на гумусовий

стан, азотний, фосфорний і калійний режими чорнозему типового малогумусного в умовах короткоротаційної органічної сівозміни Лівобережного Лісостепу України потребує поглибленого вивчення.

Метою дослідження було встановити вплив різних систем органічного удобрення під культури короткоротаційної органічної сівозміни на агрохімічний стан чорнозему типового малогумусного в умовах Лівобережного Лісостепу.

Наукова новизна дослідження полягає у встановленні особливостей формування гумусового стану, азотного, фосфорного та калійного режимів чорнозему типового малогумусного за використання побічної продукції попередника, сидеральної культури, біодобрива «Біо-Гель» та їх комплексів в умовах короткоротаційної органічної сівозміни Лівобережного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема відтворення родючості ґрунтів у системах органічного землеробства є актуальною для більшості аграрних регіонів світу. У сучасних дослідженнях ґрунт розглядають не лише як субстрат для вирощування рослин, а як складну біологічну систему, функціонування якої залежить від збалансованого надходження органічної речовини, активності мікробіому та раціонального управління поживними елементами.

Узагальнення результатів щодо використання зелених добрив показує, що вони можуть істотно поліпшувати фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Зокрема, зелені добрива підвищують уміст органічної речовини, активізують ферментативну діяльність і сприяють вивільненню поживних речовин у процесі розкладання біомаси [2]. У дослідженні Zhang et al. (2025) встановлено, що включення зеленого добрива у систему удобрення підвищувало доступність поживних елементів, а також накопичення органічного вуглецю [3].

Питання впливу покривних культур і сидератів на органічний вуглець ґрунту розглянуто в глобальному метааналізі Joshi et al. (2023), де показано, що ефект покривних культур залежить від ґрунтових умов, клімату, тривалості використання та обсягу біомаси [4]. Водночас Garba et al. (2022) наголошують, що у посушливих і нестійко зволжених регіонах покривні культури можуть мати як позитивні, так і обмежувальні наслідки через конкуренцію за вологу, тому їх ефективність потребує локальної експериментальної перевірки [1].

Значну увагу останніми роками приділяють поєднанню зелених добрив із біологічними та органічними препаратами. Ці дослідження показали, що біодобрива і зелені добрива є перспективними інструментами поліпшення мікробної активності та екологічної рівноваги ґрунту [5]. Подібні висновки отримано у дослідженнях, де бактеріальні добрива та зелені добрива поліпшували вміст поживних речовин і ферментативну активність ґрунту [6].

Для органічного землеробства важливим є також збереження фосфорного й калійного режимів ґрунту. Фосфор має низьку рухомість у ґрунтовому профілі, тому його доступність значною мірою визначається активністю корневих виділень, мікроорганізмів та процесами мінералізації органічної речовини. Калійний режим залежить від повернення рослинних решток, винесення елемента врожаєм і буферної здатності ґрунтового вбирного комплексу.

Застосування органічних добрив здатне поліпшувати структуру ґрунту, підвищувати вміст доступних форм елементів живлення та зменшувати ризики деградаційних процесів [7]. Водночас результати багатьох досліджень свідчать, що реакція ґрунту на органічні системи удобрення є специфічною для ґрундово-кліматичної зони, культури та тривалості застосування агрозаходів [8; 9]. Саме тому експериментальна оцінка таких систем у зоні Лівобережного Лісостепу України має важливе наукове і практичне значення.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН», що розташована в підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний грубопилувато-легкосуглинковий.

Дослід виконували в умовах короткоротаційної трипільної органічної сівозміни із таким чергуванням культур: соя – пшениця яра – гречка. Схема досліду передбачала вивчення чотирьох систем органічного удобрення: 1) побічна продукція попередника (контроль); 2) побічна продукція попередника + сидеральна культура; 3) побічна продукція попередника + біодобриво «Біо-Гель»; 4) побічна продукція попередника + сидеральна культура + біодобриво «Біо-Гель». Повторення досліду триразове, площа посівної ділянки 81 м², облікової – 60 м². Розміщення ділянок – систематичне.

Після збирання попередника побічну продукцію рівномірно розподіляли по поверхні ґрунту з подальшим заорюванням. Як сидеральну культуру

використовували гірчицю білу, біомасу якої заробляли в ґрунт у фазі максимального накопичення органічної маси. На відповідних варіантах вносили рідке біодобриво «Біо-Гель» в дозі 1,5 л/га у фазі повних сходів і 1,5 л/га – у фазі цвітіння культур.

«Біо-Гель» – органічне добриво на основі гуматів, яке містить у собі N – 0,30%, P₂O₅ – 0,30, K₂O – 0,05, Мп – 10,6–16,0, Мо – 0,20–0,30, Zn – 0,77–1,20, Cu – 0,45–0,70%, Со – 0,53–0,80, В – 0,45–0,70%, а також сапрофітні мікроорганізми природної органічної речовини.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень, дозволених у органічному землеробстві.

Клімат місцевості – помірно континентальний. За даними спостережень Яготинської метеостанції, середня річна температура повітря становить 7,1°C, середня багаторічна кількість опадів – 468 мм (варіює від 250 до 670 мм), відносна вологість повітря – 78%, середня тривалість вегетаційного періоду – 202 дні.

Аналіз ґрунту проводили за загальноприйнятими методиками, зокрема, вміст гумусу – за Тюриним (ДСТУ 4289:2004), рухомі сполуки фосфору і калію – за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005), азот легкогідролізний – за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015), обмінну кислотність (рН) – потенціометрично (ДСТУ 10390:2007). Оцінювання рівня забезпеченості ґрунту елементами живлення та кислотності здійснювали відповідно до ДСТУ 4362:2004 [10].

Математико-статистичну обробку результатів досліджень виконували на персональному комп'ютері з використанням пакетів прикладних програм типу Excel, Statistica, Sigma.

Результати та їх обговорення. Гумус є інтегральним показником родючості ґрунту, що визначає його поживний режим, структурно-агрегатний стан, буферність і біологічну активність. У системах органічного землеробства підтримання гумусового стану має особливе значення, оскільки джерелом відтворення органічної речовини є насамперед рослинні рештки, сидеральна маса та органічні добрива.

Результати досліджень свідчать, що вміст гумусу залежав як від культури короткоротаційної сівозміни, так і від застосованої системи удобрення (табл.). У середньому за 2023–2025 рр. у шарі ґрунту 0–20 см цей показник варіював у межах 3,05–3,30%, а в шарі 20–40 см – 2,56–2,90%. Вищі значення у верхньому шарі зумовлені переважним надходженням

органічних решток у зону основного обробітку та активнішою мікробіологічною трансформацією органічної речовини.

Найвищий вміст гумусу відзначено за комплексного застосування побічної продукції попередника, сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель». Під пшеницею ярою він становив 3,30% у шарі 0–20 см і 2,90% у шарі ґрунту 20–40 см, що відповідно на 0,10 і 0,23% перевищувало контрольний варіант. Під соєю комплексна система забезпечила збільшення вмісту гумусу до 3,23 і 2,73%, а під гречкою – до 3,21 і 2,70% відповідно.

Позитивний ефект комплексної системи пояснюється сумарним надходженням різноякісної органічної речовини та активізацією мікробіологічних процесів. Сидеральна маса є джерелом легкодоступних органічних сполук, тоді як побічна продукція забезпечує триваліше надходження вуглецю. Біодобриво може прискорювати мінералізацію рослинних решток і сприяти утворенню гумусових речовин. Подібні закономірності описані в сучасних дослідженнях, де зелені добрива розглядають як важливий чинник підвищення органічної речовини та стабілізації ґрунтової родючості [2; 4].

Азотний режим є одним із найчутливіших показників ефективності органічних систем удобрення. У таких системах доступність азоту визначається інтенсивністю мінералізації органічних решток, біологічною активністю ґрунту та синхронністю між вивільненням азоту і потребами культур.

За результатами досліджень у середньому за 2023–2025 рр. встановлено чітку тенденцію зростання вмісту лужногідролізного азоту за комплексної системи органічного удобрення. Під соєю у шарі 0–20 см його вміст збільшувався від 119,5 мг/кг на контролі до 126,1 мг/кг за комплексного удобрення; у шарі 20–40 см – від 90,8 до 101,3 мг/кг. Під пшеницею ярою комплексна система забезпечила приріст на 14,3 мг/кг у верхньому шарі, що становило 12,8% порівняно з контролем. Під гречкою відповідний приріст сягав 11,6 мг/кг, або 9,3% (табл.).

Максимальні значення лужногідролізного азоту сформувалися під гречкою за комплексної системи удобрення – 135,7 мг/кг у шарі 0–20 см і 104,7 мг/кг у шарі 20–40 см. Така реакція може бути пов'язана з особливостями кореневої системи культури, інтенсивним залученням органічних решток у біологічний кругообіг і активізацією мікробіологічних процесів.

Агрохімічний стан ґрунту під культурами короткоротаційної органічної сівозміни залежно від системи удобрення, середнє за 2023–2025 рр.

Культура	Система удобрення	Гумус, %		pH		N, мг/кг				P ₂ O ₅ , мг/кг		K ₂ O, мг/кг	
		0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40
Соя	П.п.п. (контроль)	3,05	2,72	6,1	5,7	119,5	90,8	294,2	272,2	245,4	128,8		
	П.п.п. + сидерат	3,07	2,59	6,0	5,7	122,0	96,5	292,3	255,8	240,0	157,9		
	П.п.п. + біодобриво	3,11	2,66	6,0	5,7	123,4	98,1	272,5	247,4	235,2	158,5		
	П.п.п. + сидерат + + біодобриво	3,23	2,73	6,2	5,8	126,1	101,3	262,7	231,3	227,9	162,5		
$\bar{X} \pm S\bar{x}$		3,11±0,04	2,68±0,03	6,1±0,05	5,7±0,02	122,8±1,4	96,7±2,2	280,4±7,7	251,7±8,5	237,2±3,7	151,9±7,8		
V, %		2,64	2,40	1,7	0,7	2,3	4,5	5,5	6,8	3,1	10,2		
S		0,08	0,06	0,10	0,04	2,8	4,4	15,4	17,0	7,4	15,6		
Пшениця яра	П.п.п. (контроль)	3,20	2,67	6,2	5,8	111,8	88,1	302,5	281,7	229,6	134,6		
	П.п.п. + сидерат	3,22	2,79	6,2	5,8	119,0	96,7	291,7	273,4	274,2	145,8		
	П.п.п. + біодобриво	3,22	2,83	6,2	5,8	122,4	97,1	281,7	264,0	242,4	135,3		
	П.п.п. + сидерат + + біодобриво	3,30	2,90	6,2	5,9	126,1	98,4	271,9	245,0	223,8	140,1		
$\bar{X} \pm S\bar{x}$		3,24±0,02	2,80±0,05	6,2±0,02	5,8±0,02	119,8±3,0	95,1±2,4	287,0±6,6	266,0±7,9	242,5±11,3	139,0±2,6		
V, %		1,43	3,55	0,6	0,5	5,1	5,0	4,6	5,9	9,3	3,7		
S		0,05	0,10	0,04	0,03	6,1	4,7	13,1	15,8	22,5	5,2		
Гречка	П.п.п. (контроль)	3,10	2,56	6,2	5,9	124,1	96,4	289,0	283,3	268,3	159,6		
	П.п.п. + сидерат	3,13	2,68	6,0	5,8	126,5	100,9	319,1	300,5	265,0	162,9		
	П.п.п. + біодобриво	3,15	2,67	6,1	5,8	129,5	102,1	293,2	255,8	246,4	158,4		
	П.п.п. + сидерат + + біодобриво	3,21	2,70	6,2	6,0	135,7	104,7	286,7	236,2	230,4	157,9		
$\bar{X} \pm S\bar{x}$		3,15±0,02	2,65±0,03	6,1±0,05	5,9±0,04	128,9±2,5	101,0±1,7	297,0±7,5	268,9±14,3	252,6±8,8	159,7±1,1		
V, %		1,51	2,42	1,6	1,5	3,9	3,4	5,0	10,6	7,0	1,4		
S		0,05	0,06	0,10	0,09	5,0	3,5	15,0	28,6	17,6	2,3		

Примітка. п. п. п. – побічна продукція попередника; органічне рідке біодобриво – «Біо-Гель».

Отримані результати узгоджуються з даними, які показали, що зелені добрива можуть підвищувати вміст лужногідролізного азоту та доступність поживних елементів [3]. Водночас у зоні нестійкого зволоження ефективність сидерації залежить від строків вирощування і заробляння сидеральної маси, оскільки надмірне використання вологи покривними культурами може обмежувати позитивний ефект для наступної культури [1].

Фосфорний режим ґрунту характеризується меншою рухомістю елемента порівняно з азотом і значною залежністю від процесів мобілізації важкорозчинних фосфатів, активності фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, корневих виділень та реакції ґрунтового середовища.

У середньому за 2023–2025 рр. уміст рухомих сполук фосфору в шарі 0–20 см перебував у межах 262,7–319,1 мг/кг, а в шарі ґрунту 20–40 см – 231,3–300,5 мг/кг. За градацією забезпеченості ці показники відповідали дуже високому рівню. Вищі значення переважно спостерігалися у верхньому шарі ґрунту, що зумовлено низькою міграційною здатністю фосфатів та акумуляцією органічних решток у зоні основної діяльності корневих систем.

Особливістю фосфорного режиму було те, що найвищі показники не завжди формувалися за комплексного удобрення. Під соєю та пшеницею ярою найвищий уміст рухомого фосфору в орному шарі зафіксовано на контролі – відповідно 294,2 і 302,5 мг/кг. Під гречкою максимальний показник був за використання п. п. п. із сидератом – 319,1 мг/кг у шарі 0–20 см і 300,5 мг/кг у шарі ґрунту 20–40 см.

Таку закономірність доцільно розглядати не як негативний вплив органічного удобрення, а як наслідок активнішого використання доступних форм фосфору рослинами та мікробним угрупованням на біологізованих варіантах. Навіть за зниження показника на комплексному варіанті рівень забезпеченості залишався дуже високим, що свідчить про стабільність фосфорного фонду чорнозему типового малогумусного.

Сучасні дослідження підтверджують, що органічні добрива й зелені добрива можуть змінювати доступність фосфору через мікробіологічні механізми, мінералізацію органічних сполук і зміну ризосферних процесів [2; 11].

Калій відіграє важливу роль у регулюванні водного режиму рослин, фотосинтетичної активності, синтезі вуглеводів і стійкості культур до стресових чинників. Його вміст у ґрунті залежить від винесення

врожаєм, повернення з рослинними рештками та процесів обміну у ґрунтово-вбирному комплексі.

У середньому за три роки досліджень вміст рухомих сполук калію у шарі 0–20 см становив 223,8–274,2 мг/кг, а в шарі ґрунту 20–40 см відповідно – 128,8–162,9 мг/кг. Це відповідає високому та дуже високому рівням забезпеченості. Найвищий уміст калію в орному шарі виявлено під пшеницею ярою за внесення під культуру побічної продукції та сидерату – 274,2 мг/кг. Під гречкою високі значення спостерігалися на контролі та за сидерації, а під соєю у верхньому шарі простежувалася тенденція до зниження калію за комплексного удобрення.

Зниження вмісту рухомого калію на окремих удобрених варіантах може бути пов'язане з активнішим поглинанням елемента рослинами за кращого розвитку посівів. Водночас у підорному шарі під соєю максимальний уміст калію сформувався саме за комплексного удобрення – 162,5 мг/кг, що свідчить про неоднозначну, але загалом стабілізуючу дію органічних систем удобрення на калійний режим.

Роль рослинних решток у формуванні калійного режиму є істотною, оскільки калій у рослинних тканинах перебуває переважно в іонній формі й може відносно швидко повертатися в ґрунтовий розчин після розкладання біомаси. Тому сидеральні культури й побічна продукція попередників є важливим чинником підтримання калійного балансу органічних агроecosистем.

Реакція ґрунтового розчину є важливим показником агроecологічного стану ґрунту, оскільки визначає доступність елементів живлення, активність мікроорганізмів і перебіг процесів мінералізації органічної речовини. За результатами досліджень встановлено, що застосування органічних систем удобрення не спричиняло підкислення ґрунту.

У середньому за 2023–2025 рр. значення $pH_{\text{сол}}$ у шарі 0–20 см становили 6,0–6,2, а в шарі ґрунту 20–40 см – 5,7–6,0. Такі значення відповідають слабкокислій або близькій до нейтральної реакції ґрунтового середовища і є сприятливими для більшості польових культур короткострокової сівозміни.

Відсутність негативного впливу органічних систем удобрення на кислотно-лужний стан ґрунту можна пояснити високою буферністю чорнозему типового малогумусного та надходженням органічних сполук, які підтримують функціонування ґрунтового вбирного комплексу. Сучасні дослідження також вказують на те, що органічні добрива можуть

зменшувати ризики деградації ґрунту й поліпшувати його фізико-хімічні властивості [7; 12].

Загалом комплексне поєднання побічної продукції попередника, сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель» сприяло найкращому поєднанню показників гумусового стану й азотного режиму за збереження високого рівня забезпеченості фосфором і калієм та стабільної реакції ґрунтового розчину.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні ефективної органічної системи удобрення, яка гарантує стабілізацію гумусового стану ґрунту, поліпшення азотного режиму та підтримання високого рівня забезпеченості рухомими сполуками фосфору і калію. Результати можуть бути використані під час розроблення технологій органічного землеробства для господарств Лівобережного Лісостепу України.

Висновки

1. В умовах підзони нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому малогумусному Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» встановлено позитивний вплив органічних систем удобрення на агрохімічний стан ґрунту в короткочасній органічній сівозміні.
2. Найефективнішою за впливом на гумусовий стан виявилася комплексна система удобрення, що передбачала застосування побічної продукції попередника, сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель». За її використання вміст гумусу в орному шарі ґрунту зростав до 3,21–3,30%, а в підорному – до 2,70–2,90%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Garba, I. I., Bell, L. W., & Williams, A. (2022). Cover crop legacy impacts on soil water and nitrogen dynamics, and on subsequent crop yields in drylands: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42, 34. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00760-0>.
2. Wang, Y., Yu, A., Shang, Y., et al. (2025). Research progress on the improvement of farmland soil quality by green manure. *Agriculture*, 15(7), 768. <https://doi.org/10.3390/agriculture15070768>.
3. Zhang, J., He, W., Wei, Z., Chen, Y., & Gao, W. (2025). Integrating green manure and fertilizer reduction strategies to enhance soil carbon sequestration and crop yield: Evidence from a two-season pot experiment. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1514409. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1514409>.
4. Joshi, D.R., Sieverding, H.L., Xu, H., Kwon, H., Wang, M., Clay, S.A., Johnson, J.M., Thapa, R., Westhoff, S., & Clay, D. E. (2023). A global meta-analysis of cover crop response on soil carbon storage within a corn production system. *Agronomy Journal*, 115(4), 1543–1556. <https://doi.org/10.1002/agj2.21340>.
5. Li, J., et al. (2025). Effects of biofertilizer and green manure on soil bacterial community in Korla fragrant pear orchard. *Microorganisms*, 13(10), 2252. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13102252>.
6. He, Z., et al. (2025). Effects of bacterial fertilizer and green manure on soil enzyme activity and root characteristics in Korla fragrant pear orchard. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1681490. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1681490>.
7. Yu, Z., Guo, B., Sun, T., Li, R., Zhao, Z., & Yao, L. (2025). Effects of organic fertilizer substitution for mineral fertilizer on soil fertility, yield, and quality

- of muskmelons. *Agronomy*, 15(3), 639. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030639>.
8. Бойко П.І., Мартинюк І.В., Цимбал Я.С. (2021). Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*, 3, 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>.
9. Веремеєнко С.І., Семенко Л.О. (2019). Сучасні проблеми деградації ґрунтів – трофічний аспект. *Наукові горизонти*, 1 (74), 69–75. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9781>.
10. Якість ґрунту. (2005). Показники родючості ґрунтів. ДСТУ 4362:2004. Держспоживстандарт України.
11. Xu, P., Wu, J., Wang, H., Han, S., Zhu, J., Fu, Q., et al. (2021). Long-term partial substitution of chemical fertilizer with green manure regulated organic matter mineralization in paddy soil dominantly by modulating organic carbon quality. *Plant and Soil*, 468, 459–473. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05130-5>.
12. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А., Артемьєва К.С., Ніконенко В.М. (2019). Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового. *Агрохімія і ґрунтознавство*, 88, 74–78. URL: <https://doi.org/10.31073/acss88-10>.

Savchenko S. D.

Influence of organic fertilization systems on the agrochemical status of typical low-humus chernozem in a short-rotation organic crop rotation of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Aim. The preservation and restoration of soil fertility are among the most important challenges of modern organic farming, especially in regions where the use of synthetic fertilizers is restricted and the nutrient regime depends mainly on organic inputs. The purpose of the study was to determine the influence of different organic fertilization systems on the agrochemical status of typical low-humus chernozem under conditions of a short-rotation organic crop rotation. **Methods.** The research was conducted during 2023–2025 at the Panfil Research Station of the National Scientific Centre “Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine”, located in the zone of unstable moisture supply of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The soil of the experimental field was typical low-humus chernozem. The experiment was carried out in a three-field organic crop rotation including soybean, spring wheat and buckwheat. Four fertilization systems were studied: crop residues of the predecessor (control), crop residues combined with green manure, crop residues combined with the organic biofertilizer “Bio-Gel”, and a complex system including crop residues, green manure and biofertilizer. Soil samples were collected from 0–20 and 20–40 cm layers. Humus content, alkaline-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium and soil pH were determined using standard laboratory methods. **Results.** The results showed that organic fertilization improved the agrochemical properties of the soil. The highest humus content was recorded under the integrated fertilization system and reached 3.30% in the 0–20 cm layer and 2.90% in the 20–40 cm layer under spring wheat. The content of alkaline-hydrolyzable nitrogen increased by 5.5–12.8% compared with the control treatment, depending on the crop. The highest nitrogen concentration was observed under buckwheat and amounted to 135.7 mg kg⁻¹ in the topsoil and 104.7 mg kg⁻¹ in the subsoil. The soil reaction remained within the slightly acidic to nearly neutral range (pH 5.7–6.2), indicating the environmental safety of the investigated organic fertilization systems. Available phosphorus content corresponded to a very high level of soil supply, while exchangeable potassium content was characterized as high or very high. **Conclusions.** The integrated application of crop residues, green manure crops and the organic biofertilizer “Bio-Gel” proved to be the most effective fertilization system for maintaining humus content, improving nitrogen availability and preserving favorable agrochemical properties of typical low-humus chernozem.

Key words: agriculture, biologically based crop rotation, soil, humus, alkali-hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, green manures, biofertilizers.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Савченко С.Д., аспірант, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: Cyava86@gmail.com, ORCID: 0009-0005-8453-4337.

Savchenko S.D., Postgraduate Student, National Scientific Center “Institute of Agriculture of NAAS”, e-mail: Cyava86@gmail.com, ORCID: 0009-0005-8453-4337.

Надійшла 10.02.2026

Прийнята до друку 11.04.2026

Опубліковано червень 2026

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОРГАНІЧНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**І.В. Мартинюк, Є.Д. Савченко***ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)*

Мета. Встановити вплив різних систем органічного удобрення на урожайність та продуктивність культур короткоротаційної сівозміни, а також економічну й енергетичну ефективність їх вирощування в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили у 2023–2025 рр. на сертифікованому дослідному полі Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН». Використано польовий, лабораторний, аналітичний і математико-статистичний методи. **Результати.** Встановлено, що найвищу врожайність зерна культур короткоротаційної органічної сівозміни забезпечила система удобрення «побічна продукція попередника + сидеральна культура + біодобриво «Біо-Гель»: сої – 1,87 т/га, пшениці ярої – 3,98 т/га, проса – 3,52 т/га. Приріст до контролю (побічна продукція попередника) становив відповідно 45,0; 45,3 і 38,0 %. Ця система також забезпечила найбільшу продуктивність 1 га сівозмінної площі: 3,77 т корм. од., 3,50 т зерн. од. і 0,38 т перетравного протеїну. Найвищий умовно чистий прибуток у середньому по сівозміні сягав 43 624 грн/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 4,35. **Висновки.** Комплексне поєднання у системі органічного удобрення побічної продукції попередника, сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель» є найбільш ефективним для підвищення урожайності, продуктивності сівозміни та енергетичної ефективності, тоді як застосування лише біодобрива забезпечує підвищення рівня рентабельності виробництва та зниження собівартості отриманої продукції.

Ключові слова: соя, пшениця яра, просо, редька олійна, біодобриво, продуктивність сівозміни, органічне удобрення, рентабельність, енергетична ефективність.

Вступ. Органічне землеробство в сучасних умовах розглядається не лише як виробнича система, що передбачає відмову від застосування синтетичних пестицидів і мінеральних добрив, а як комплекс науково обґрунтованих агротехнологічних заходів, спрямованих на відтворення родючості ґрунту, підтримання біологічної рівноваги в агроecosистемах та отримання екологічно безпечної сільськогосподарської продукції. У країнах Європейського Союзу розвиток органічного виробництва підтримується нормативними положеннями Регламенту (ЄС) 2018/848, а також стратегічними орієнтирами щодо збільшення частки сільськогосподарських земель під органічним виробництвом щонайменше до 25% до 2030 р. [1; 2]. Для України розвиток органічного землеробства має особливе значення в контексті підвищення стійкості аграрного виробництва, збереження експортного потенціалу органічного сектору та удосконалення агротехнологій, спрямованих на відтворення родючості ґрунту шляхом активізації біологічних процесів,

використання органічних добрив, сидеральних культур і побічної продукції попередників [3; 4].

Одним із визначальних завдань органічного землеробства є формування ефективної системи живлення сільськогосподарських культур без застосування мінеральних добрив. За таких умов основними джерелами надходження елементів живлення до ґрунту є побічна продукція попередників, сидеральні культури, біологічні препарати, активізація мікробіологічних процесів і науково обґрунтоване чергування культур у сівозміні. Особливого значення це набуває в короткоротаційних сівозмінах, де період повернення культур на попереднє місце вирощування є відносно коротким, а баланс органічної речовини та біогенних елементів значною мірою залежить від кількості рослинних решток, швидкості їх розкладання й мінералізації у ґрунті та здатності наступної культури ефективно використовувати післядію попередника.

Мета дослідження – встановити вплив різних систем органічного удобрення на урожайність та

продуктивність культур короткоротаційної сівозміни, а також економічну й енергетичну ефективність їх вирощування в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативно-правові засади розвитку органічного виробництва в країнах Європейського Союзу визначає Регламент (ЄС) 2018/848, яким встановлено вимоги до органічного виробництва, маркування, сертифікації та офіційного контролю органічної продукції. Водночас План дій ЄС щодо розвитку органічного виробництва розглядає цей сектор як один із важливих інструментів переходу до екологічно збалансованого сільськогосподарського виробництва [1; 2]. Для України зазначені підходи актуалізують потребу в розробленні та впровадженні науково обґрунтованих агротехнологій, здатних забезпечити стабільну продуктивність культур, відтворення родючості ґрунту та якості продукції без застосування синтетичних мінеральних добрив і пестицидів.

Узагальнення результатів сучасних досліджень свідчить, що покривні й сидеральні культури, а також органічні добрива впливають на продуктивність агроценозів не лише через безпосереднє надходження елементів живлення, а й завдяки поліпшенню структурного стану ґрунту, його водно-фізичних властивостей, активізації мікробіологічних процесів і підвищенню доступності поживних речовин для рослин [5; 6; 14; 15]. За даними Salisu et al. [7] показано, що використання покривних культур сприяє накопиченню органічного вуглецю, поліпшенню якісних показників ґрунту та підвищенню його екологічної стійкості, однак величина такого ефекту істотно залежить від виду культури, тривалості її застосування, способу заробляння рослинних решток (побічної продукції) та ґрунтово-кліматичних умов вирощування.

Сівозмінний чинник також відіграє важливу роль у стабілізації родючості ґрунту та підтриманні продуктивності агроценозів. За результатами досліджень Zheng et al. [8], позитивний вплив сівозмін на структурно-агрегатний стан ґрунту та накопичення органічної речовини, істотно залежить від кліматичних умов, початкового вмісту органічної речовини в ґрунті та тривалості ротації культур у сівозміні. Наукові праці Gao et al. [4] і Wei et al. [9] додатково підтверджують, що заробляння зеленої маси та використання бобових сидератів сприяють активізації біохімічних процесів у ґрунті, поліпшенню

використання азоту й фосфору та підвищенню врожайності наступних культур.

Результати досліджень українських вчених останніх років конкретизують зазначені закономірності з урахуванням специфіки вітчизняних ґрунтово-кліматичних умов. Зокрема, О.І. Савчук та ін. [10] встановили, що в умовах органічної сівозміни Полісся поєднання побічної продукції попередника, сидеральної маси та біологічних засобів удобрення сприяє підвищенню продуктивності культур і підтриманню балансу родючості дерново-підзолистого ґрунту. І. В. Мартинюк та ін. [11], досліджуючи короткоротаційні органічні сівозміни Лівобережного Лісостепу, підтвердили ефективність комплексного використання побічної продукції, сидерального посіву та біодобрива «Біо-Гель» у технологіях вирощування круп'яних культур.

Окремим напрямом сучасних досліджень є оцінювання ролі сидеральних культур і біологічних препаратів у системах органічного землеробства. І.М. Городиська і Ю.А. Кравчук [12] розглядають сидерацію як важливий агротехнологічний прийом збереження й відтворення родючості ґрунту, що забезпечує додаткове надходження органічної речовини, поліпшення агрофізичних властивостей і фітосанітарного стану агроценозів. А.А. Бунас та ін. [1] і О.Г. Жуйков [13] акцентують на зростанні значення біопрепаратів і біологічних заходів у процесі переходу до екологізованих та органічних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Водночас недостатньо вивченим залишається поєднаний вплив побічної продукції попередника, сидеральної маси та органічного біодобрива на продуктивність сої, пшениці ярої і проса в 3-пільній короткоротаційній сівозміні Лівобережного Лісостепу України, що зумовило актуальність проведених досліджень.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. на сертифікованому дослідному полі Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Вивчали 3-пільну короткоротаційну сівозміну з таким чергуванням культур: соя – пшениця яра – просо.

Схема досліду передбачала два фактори: фактор А – культура сівозміни (соя, пшениця яра, просо); фактор Б – система органічного удобрення: 1) побічна продукція попередника (контроль); 2) побічна продукція попередника + сидерат (редька олійна); 3) побічна продукція попередника + «Біо-Гель»; 4) побічна

продукція попередника + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель».

Після збирання врожаю всю подрібнену побічну продукцію попередників заробляли в ґрунт важкими дисковими боронами АГД-2,5 на глибину 10–12 см. На варіантах із сидерацією висівали редьку олійну, яку за настання стійкого похолодання заробляли в ґрунт на глибину 10–12 см із подальшим проведенням глибокої зяблевої оранки плугом ПЛН-3-35 на глибину 25–27 см. Весняний обробіток ґрунту включав ранньовесняне боронування агрегатом МТЗ-82 + 3БЗСС-1,0 та передпосівну культивування МТЗ-892 + КН-3,8 на глибину 5–6 см.

Як біодобриво застосовували біологічний препарат «Біо-Гель» – органічне добриво на основі гуматів, що містить макро- й мікроелементи та сапрофітні мікроорганізми природної органічної сировини. Норма внесення препарату становила 1,5 л/га у два строки – у фазі повних сходів і цвітіння. Урожайність основної та побічної продукції визначали подільсько-прямою комбайнуванням. Продуктивність сівозміни оцінювали за збором кормових одиниць, зернових одиниць і перетравного протеїну.

Економічну ефективність розраховували розрахунковим методом із використанням технологічних карт за цінами, які склалися на травень 2026 р. Визначали витрати на 1 га, собівартість 1 т зерна, умовно чистий прибуток і рівень рентабельності виробництва. Енергетичну за поопераційними технологічними картами вирощування культур сівозміни шляхом підрахунків енергетичних еквівалентів робіт, ресурсів, сільськогосподарської техніки та врахування енергомісткості поваріантно отриманого врожаю зерна. Коефіцієнт енергетичної ефективності ($K_{\text{е}}$) вираховували як відношення одержаної енергії врожаю до витрат сукупної.

Математичну обробку результатів виконували дисперсійним методом. Оцінку статистичної достовірності отриманих результатів досліджень, проведених за інтервальним відхиленням, показником стандартного відхилення (S) та коефіцієнтом варіації ($V, \%$) з використанням ПК та програмного забезпечення «Статистика 6.1».

Результати та їх обговорення. За результатами досліджень встановлено, що врожайність культур 3-пільної сівозміни істотно змінювалася залежно від системи органічного удобрення та погодних умов року вирощування. Найбільша варіабельність показників була характерною для сої, в якій найнижчу

врожайність зерна за всіма варіантами досліду зафіксовано у 2024 р., що свідчить про високу чутливість культури до умов вегетаційного періоду. У середньому за 2023–2025 рр. найвищу врожайність сої забезпечувало комплексне поєднання побічної продукції попередника, сидеральної культури та органічного біодобрива «Біо-Гель» – 1,87 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 0,58 т/га, або 45,0% (табл. 1).

За вирощування пшениці ярої позитивний вплив систем органічного удобрення був чітко виражений упродовж усіх років досліджень. У середньому за 2023–2025 рр. урожайність на контролі становила 2,74 т/га. Заорювання сидеральної маси редьки олійної підвищувало цей показник до 3,32 т/га, застосування «Біо-Гель» – до 3,48 т/га, а їх комплексне застосування – до 3,98 т/га. Отже, комбінована система органічного удобрення забезпечила приріст урожайності зерна пшениці ярої відносно контролю на 1,24 т/га, або 45,3 %. Максимальну врожайність культури (5,25 т/га) одержано у 2025 р. за поєднання сидерації та біодобрива, що свідчить про високу ефективність цієї системи за сприятливіших умов реалізації продуктивного потенціалу культури.

Просо характеризувалося найвищою врожайністю у 2023 р., тоді як у 2025 р. на контрольному варіанті її рівень знижувався до 1,86 т/га. Водночас застосування сидеральної культури та «Біо-Гель» сприяло стабілізації врожайності проса у менш сприятливі роки завдяки додатковому надходженню органічної речовини, активізації мікробіологічних процесів і поліпшенню доступності елементів живлення. У середньому за три роки використання лише сидерату підвищувало урожайність проса на 20,8%, застосування «Біо-Гель» – на 25,1%, а їх поєднання – на 38,0% порівняно з контролем. Отже, комбіноване внесення сидеральної маси та біодобрива забезпечувало найбільший приріст урожайності в усіх культурах сівозміни.

Отримані результати свідчать, що сидеральна культура та органічне біодобриво діяли як взаємопов'язані компоненти системи органічного удобрення, забезпечуючи вищу врожайність культур сівозміни за їх комплексного застосування. Сидеральна маса редьки олійної надала додаткове надходження органічної речовини до ґрунту, сприяла поліпшенню умов розкладання рослинних решток і мінералізації органічних сполук, тоді як «Біо-Гель» імовірно активізував мікробіологічні процеси та підвищував доступність елементів живлення у критичні фази росту й розвитку культур. Для пшениці ярої та проса самотійне застосування

Таблиця 1. Урожайність зернових культур залежно від системи органічного удобрення, т/га, за 2023–2025 рр.

Система удобрення*		Роки досліджень			Середнє за 2023–2025 рр.	Приріст до контролю	
		2023	2024	2025		т/га	%
Соя							
П.п.п. (контроль)		1,30	0,98	1,59	1,29	–	–
П.п.п. + сидерат (редька олійна)		1,52	1,33	1,94	1,60	0,31	24,0
П.п.п. + «Біо-Гель»		1,55	1,36	1,96	1,62	0,33	25,6
П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»		1,67	1,65	2,29	1,87	0,58	45,0
Пшениця яра							
П.п.п. (контроль)		1,84	2,98	3,41	2,74	–	–
П.п.п. + сидерат (редька олійна)		2,49	3,48	4,00	3,32	0,58	21,2
П.п.п. + «Біо-Гель»		2,59	3,57	4,27	3,48	0,74	27,0
П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»		2,95	3,73	5,25	3,98	1,24	45,3
Просо							
П.п.п. (контроль)		3,43	2,37	1,86	2,55	–	–
П.п.п. + сидерат (редька олійна)		3,65	2,86	2,73	3,08	0,53	20,8
П.п.п. + «Біо-Гель»		3,67	2,93	2,98	3,19	0,64	25,1
П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»		3,96	3,31	3,29	3,52	0,97	38,0
НІР ₀₅	Соя	0,05	0,12	0,12	0,10	–	–
	Пшениця яра	0,28	0,24	0,21	0,24	–	–
	Просо	0,06	0,06	0,16	0,09	–	–

Примітка. П.п.п. – побічна продукція попередника.

біодобрива «Біо-Гель» дещо перевищувало ефективність сидеральної системи, що пов’язано з більш вираженою дією препарату безпосередньо впродовж вегетації. Водночас максимальний рівень урожайності за всіма культурами формувався саме за комплексного поєднання побічної продукції попередника, сидеральної культури та біодобрива.

Узагальнення даних показників виходу продукції з 1 га сівозмінної площі дає змогу оцінити не лише реакцію окремих культур на системи органічного удобрення, а й загальну продуктивність короткоротаційної сівозміни. За збором кормових одиниць, зернових одиниць і перетравного протеїну найвищі значення отримано на варіанті комплексного внесення побічної продукції попередника, сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель» (табл. 2).

У середньому з 1 га сівозмінної площі контрольний варіант із застосуванням у системі удобрення лише побічної продукції попередника забезпечив збір 2,64 т корм. од., 2,45 т зерн. од. і 0,27 т перетравного протеїну. Використання сидеральної культури підвищувало ці показники відповідно до 3,22; 2,99 і 0,33 т/га. Застосування

біодобрива «Біо-Гель» гарантувало дещо вищий рівень кормової та зернової продуктивності – 3,33 і 3,09 т/га відповідно. Найвищу продуктивність сівозміни забезпечило поєднання сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель» – порівняно з контролем збір корм. од. зростав на 1,13 т/га, або 42,8%, зерн. од. – на 1,05 т/га, або 42,9%, а перетравного протеїну – на 0,11 т/га, або 40,7 %.

У структурі продуктивності сівозміни пшениця яра формувала найвищий збір корм. і зерн. од. – 3,35– 4,85 та 2,74–3,98 т/га відповідно, тоді як соя надавала перевагу за виходом перетравного протеїну – 0,37–0,54 т/га залежно від системи удобрення. Це підтверджує доцільність включення сої до короткоротаційної сівозміни, оскільки вона підвищує білкову продуктивність і сприяє надходженню біологічно фіксованого азоту в агроєкосистему. Просо, своєю чергою, виконує важливу стабілізувальну функцію як посухостійка круп’яна культура з коротким вегетаційним періодом та здатна підтримувати високий рівень продуктивності сівозміни за змінних умов вологозабезпечення.

Таблиця 2. Продуктивність короткоротаційної сівозміни за різних систем органічного удобрення, середнє за 2023–2025 рр.

Культура сівозміни	Удобрення*	Збір з 1 га ріллі, т		
		корм. од.	зерн. од.	перетравного протеїну
Соя	П.п.п (контроль)	1,78±0,24	2,32±0,32	0,37±0,05
	П.п.п. + сидерат (редька олійна)	2,21±0,25	2,87±0,32	0,46±0,05
	П.п.п. + «Біо-Гель»	2,24±0,24	2,92±0,32	0,47±0,05
	П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	2,58±0,29	3,37±0,38	0,54±0,06
Пшениця яра	П.п.п (контроль)	3,35±0,57	2,74±0,47	0,22±0,04
	П.п.п. + сидерат (редька олійна)	4,06±0,54	3,32±0,44	0,27±0,04
	П.п.п. + «Біо-Гель»	4,24±0,59	3,48±0,49	0,28±0,04
	П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	4,85±0,83	3,98±0,68	0,32±0,05
Просо	П.п.п (контроль)	2,81±0,51	2,30±0,42	0,20±0,04
	П.п.п. + сидерат (редька олійна)	3,39±0,32	2,77±0,26	0,25±0,02
	П.п.п. + «Біо-Гель»	3,51±0,26	2,87±0,21	0,25±0,02
	П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	3,87±0,24	3,17±0,20	0,28±0,02
З 1 га сівозмінної площі	П.п.п (контроль)	2,64±0,08	2,45±0,10	0,27±0,02
	П.п.п. + сидерат (редька олійна)	3,22±0,15	2,99±0,16	0,33±0,02
	П.п.п. + «Біо-Гель»	3,33±0,20	3,09±0,20	0,33±0,02
	П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	3,77±0,31	3,50±0,30	0,38±0,03

Примітка. П.п.п. – побічна продукція попередника.

Економічна оцінка результатів досліджень показала, що підвищення врожайності культур не завжди безпосередньо зумовлювало максимальний рівень рентабельності, оскільки варіанти з використанням сидеральної культури потребували додаткових технологічних витрат на її висівання, догляд за посівом і заробляння зеленої маси в ґрунт (табл. 3).

За вирощування сої максимальний умовно чистий прибуток отримано за комбінованої системи органічного удобрення – 33 563 грн/га, що на 11 263 грн/га більше порівняно з контролем. Водночас найвищий рівень рентабельності (172 %) і найнижчу собівартість зерна (11 044 грн/т) – забезпечувало застосування лише біодобрива «Біо-Гель» на фоні загортання побічної продукції попередника. Це свідчить, що для сої поєднання сидеральної культури з біодобривом є доцільним за орієнтації на підвищення врожайності зерна та найбільшого умовно чистого прибутку, тоді як застосування лише «Біо-Гель» є економічно доцільним за критеріями окупності витрат, рентабельності й собівартості продукції.

За вирощування пшениці ярої найвищий умовно чистий прибуток отримано за поєднання у системі удобрення застосування побічної продукції

попередника, сидеральної культури та біодобрива «Біо-Гель» – 34 154 грн/га. Водночас найнижчу собівартість зерна (5 758 грн/т) і найвищий рівень рентабельності (161%) забезпечило застосування біодобрива «Біо-Гель» без сидеральної культури. За енергетичними показниками перевагу мала комбінована система органічного удобрення, за якої коефіцієнт енергетичної ефективності становив 5,11 проти 3,96 на контрольному варіанті.

Найвищу вартість валової продукції та умовно чистий прибуток за вирощування проса також одержано за комбінованої системи удобрення – відповідно 84 480 і 63 156 грн/га. Однак максимальний рівень рентабельності (360%) і найнижчий рівень собівартості зерна (5 219 грн/т) забезпечило застосування біодобрива «Біо-Гель» на фоні внесення побічної продукції попередника. Це підтверджує, що рентабельність значною мірою залежить не лише від рівня урожайності, а й від структури та обсягу виробничих витрат.

У середньому по сівозміні найвищий умовно чистий прибуток (43 624 грн/га) гарантувало поєднання сидеральної культури та внесення біодобрива «Біо-Гель», що перевищувало контроль на 12 737 грн/га.

Таблиця 3. Економічна та енергетична ефективність вирощування культур у короткоротаційній сівозміні за різних систем органічного удобрення, середнє за 2023–2025 рр.

Система удобрення*	Виробничі витрати, грн/га	Вартість валової продукції, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Собівартість зерна, грн/т	Рівень рентабельності, %	Коефіцієнт енергетичної ефективності (K _{ee})
Соя						
П.п.п. (контроль)	16400	38700	22300	12713	136	2,18
П.п.п. + сидерат (редька олійна)	21068	48000	26932	13168	128	2,60
П.п.п. + «Біо-Гель»	17892	48600	30708	11044	172	2,42
П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	22537	56100	33563	12052	149	2,66
Пшениця яра						
П.п.п. (контроль)	17882	41100	23218	6526	130	3,96
П.п.п. + сидерат (редька олійна)	22890	49800	26910	6895	118	4,49
П.п.п. + «Біо-Гель»	20037	52200	32163	5758	161	4,66
П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	25546	59700	34154	6419	134	5,11
Просо						
П.п.п. (контроль)	14058	61200	47142	5513	335	4,78
П.п.п. + сидерат (редька олійна)	19504	73920	54416	6332	279	5,16
П.п.п. + «Біо-Гель»	16648	76560	59912	5219	360	5,06
П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	21324	84480	63156	6058	296	5,28
У середньому по сівозміні						
П.п.п. (контроль)	16113	47000	30887	8251	200	3,64
П.п.п. + сидерат (редька олійна)	21154	57240	36086	8798	175	4,09
П.п.п. + «Біо-Гель»	18192	59120	40928	7340	231	4,05
П.п.п. + сидерат (редька олійна) + «Біо-Гель»	23136	66760	43624	8176	193	4,35

Примітка. П.п.п. – побічна продукція попередника.

Найвищий рівень рентабельності по сівозміні (231%) і найнижчу собівартість зерна (7 340 грн/т) отримано на фоні застосування лише біодобрива «Біо-Гель». Водночас максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності (4,35) відмічено за комбінованої системи удобрення, що свідчить про вищу енергетичну ефективність комбінованої системи удобрення порівняно з іншими системами.

Висновки

У трипільній короткоротаційній сівозміні соя – пшениця яра – просо в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України в системі органічного удобрення комплексне поєднання побічної продукції, сидеральної культури та біодобрива

«Біо-Гель» забезпечувало підвищення урожайності культур порівняно з контролем, де застосовували лише загортання побічної продукції попередника, за якої середня врожайність за 2023–2025 рр. становила: сої – 1,87 т/га, пшениці ярої – 3,98 т/га, проса – 3,52 т/га. Приріст відповідно становив 0,58т/га, 1,24 і 0,97 т/га, або 45,0; 45,3 і 38,0%.

За продуктивністю 1 га сівозмінної площі комбінована система удобрення забезпечила збір 3,77 т корм. од., 3,50 т зерн. од. і 0,38 т перетравного протеїну, що перевищувало контроль відповідно на 42,8; 42,9 і 40,7 %.

Максимальний умовно чистий прибуток у середньому по сівозміні отримано за поєднання сидерації

та внесення біодобрива «Біо-Гель» – 43 624 грн/га та коефіцієнта енергетичної ефективності – 4,35, що вказує на високу продуктивну та енергетичну ефективність інтегрованої системи органічного удобрення. Найвищий рівень рентабельності в середньому по сівоzmіні (231%) і найнижчу собівартість зерна (7 340 грн/т) забезпечувало застосування біодобрива

«Біо-Гель» на фоні внесення побічної продукції попередника.

Перспективи подальших досліджень полягають у комплексній оцінці впливу досліджуваних систем удобрення на баланс гумусу, поживний режим ґрунту, забур'яненість посівів, якість зерна та післядію сидеральної маси в наступних ротаціях органічної сівоzmіні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бунас, А.А., Ткач, Є.Д., & Дворецький, В.В. (2024). Біопрепарати в Україні та світі: сучасні тренди й перспективи. *Агроекологічний журнал*, (4), 132–140. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317163>.
2. European Commission. (n.d.). *Organic action plan*. Agriculture and Rural Development. Retrieved May 31, 2026, from https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-action-plan_en.
3. European Parliament & Council of the European Union. (2018). *Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007*. *Official Journal of the European Union*, L 150, 1–92. <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj>.
4. Gao, X., He, Y., Chen, Y., & Wang, M. (2024). Leguminous green manure amendments improve maize yield by increasing N and P fertilizer use efficiency in yellow soil of the Yunnan-Guizhou Plateau. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, Article 1369571. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1369571>.
5. Ghimirey, V., Chaurasia, J., Dhungana, R., & Poudel, B. (2025). Organic fertilizers and their efficacy on soil characteristics, growth and yield of cauliflower (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*) in sandy loam soil of Nepal. *Frontiers in Soil Science*, 5, Article 1556283. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2025.1556283>.
6. Scavo, A., Fontanazza, S., Restuccia, A., Pesce, G.R., Abbate, C., & Mauromicale, G. (2022). The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42, Article 93. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00825-0>.
7. Salisu, M. A., Ampim, P. A. Y., Oyebamiji, Y. O., Kotochi, A. B. A., & Imoro, M. M. (2025). Cover crops enhance soil organic carbon and soil quality for sustainable crop yield: A systematic review. *Agronomy*, 15(12), Article 2865. <https://doi.org/10.3390/agronomy15122865>.
8. Zheng, F., Liu, X., Ding, W., Song, X., Li, S., & Wu, X. (2023). Positive effects of crop rotation on soil aggregation and associated organic carbon are mainly controlled by climate and initial soil carbon content: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 355, Article 108600. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108600>.
9. Wei, X., Qin, D., Yin, Z., Wang, G., Li, L., Feng, L., & Xu, Q. (2025). Evaluating the impact of green manure incorporation on cotton yield, soil fertility, and net eco-economic benefits. *Agronomy*, 15(3), Article 559. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030559>.
10. Савчук, О.І., Приймачук, Т.Ю., Дребот, О.В., Кудрик, А. П., & Цуман, Н. В. (2024). Агроекологічна та економічна оцінка органічної сівоzmіні в зоні Полісся. *Агроекологічний журнал*, (2), 166–173. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305676>.
11. Мартинюк, І.В., Цимбал, Я.С., Савченко, С.Д., & Савченко, Є.Д. (2024). Ефективність вирощування круп'яних культур у короткоротаційних органічних сівоzmінах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*, 102(11), 5–10. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202411-01>.
12. Городиська, І.М., & Кравчук, Ю.А. (2023). Сидерація — один з чинників збереження родючості ґрунту в органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування*, (4), 135–144. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292740>.
13. Жуйков, О.Г. (2022). Біологічний метод захисту рослин у сучасному органічному землеробстві України: історичні аспекти, тренди, перспективи. *Аграрні інновації*, (12), 23–27. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.12.4>.
14. Khan, M.T., Aleinikovienė, J., & Butkevicienė, L.-M. (2024). Innovative organic fertilizers and cover crops: Perspectives for sustainable agriculture in the era of climate change and organic agriculture. *Agronomy*, 14(12), Article 2871. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122871>.
15. Krause, H.M., Mäder, P., Fließbach, A., Jarosch, K.A., Oberson, A., & Mayer, J. (2024). Organic cropping systems balance environmental impacts and agricultural production. *Scientific Reports*, 14, Article 25537. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76776-1>.

Martyniuk I.V., Savchenko Ye.D.

Effectiveness of organic fertilization systems for corn crop rotation in the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine

Aim. To establish the impact of various organic fertilization systems on the yield and productivity of short-rotation crops, as well as the economic and energy efficiency of their cultivation in conditions of unstable moisture in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted in 2023–2025 at the certified experimental field of the Panfil Research Station of the National Scientific Centre “Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine”. Field, laboratory, analytical and mathematical-statistical methods were used. **Results.** It was found that the highest grain yield of short-rotation organic crop rotation crops was provided by the fertilization system “by-products of predecessor crop + sidereal crop + Bio-Gel biofertilizer”: soybeans – 1.87 t/ha, spring wheat – 3.98 t/ha, millet – 3.52 t/ha. The increase to the control (by-products of predecessor) was 45.0; 45.3 and 38.0%, respectively. This system also provided the highest productivity of 1 ha of crop rotation area: 3.77 t of feed units, 3.50 t of grain units and 0.38 t of digestible protein. The highest conditional net profit on average for crop rotation was 43,624 UAH/ha, and the energy efficiency coefficient was 4.35. **Conclusions.** The complex combination of the by-products of the predecessor, sidereal crops and bio fertilizer “Bio-Gel” in the organic fertilizer system is the most effective for increasing yield, crop rotation productivity and energy efficiency, while the use of only biofertilizer ensures an increase in the level of profitability of production and a decrease in the cost of the resulting products.

Key words: soybean, spring wheat, millet, oilseed radish, biofertilizer, crop rotation productivity, organic fertilizer, profitability, energy efficiency.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мартинюк І.В., доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник, відділ сівозмін і землеробства на меліорованих землях, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: martynuk.ivan.v@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9291-7670.

Савченко Є.Д., аспірант ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: evgensavchenko360@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3295-4268.

Martyniuk I.V., Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands, the NSC «IA NAAS», e-mail: martynuk.ivan.v@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9291-7670.

Savchenko Ye.D., Postgraduate student, the NSC «IA NAAS», e-mail: evgensavchenko360@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3295-4268.

Надійшла 13.02.2026

Прийнята до друку 10.04.2026

Опубліковано червень 2026

РОЗПОДІЛ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ҐРУНТОВОМУ ПРОФІЛІ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗЕРНОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ Й УДОБРЕННЯ**М.М. Пташнік, Ю.О. Ременюк, П.С. Заяць, О.В. Дикун***ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)*

Мета. Встановити вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на просторовий розподіл елементів живлення, реакцію ґрунтового розчину, а також оцінити їх вплив на продуктивність культур короткоротаційної зернової сівозміни в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, аналітичний, математико-статистичний. **Дослідження** проводили впродовж 2021–2025 рр. у стаціонарному польовому досліді на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті. Порівнювали шість систем основного обробітку ґрунту на двох фонах удобрення: побічна продукція попередника та побічна продукція у поєднанні з $N_{65}P_{60}K_{70}$. Агрохімічні показники визначали у шарах 0–10, 10–20, 20–30 і 30–40 см. Експериментальні дані опрацьовували методом двофакторного дисперсійного аналізу з використанням тесту Tukey HSD. **Результати.** Різноглибинна полицева оранка забезпечувала найменшу поширову диференціацію реакції ґрунтового розчину, тоді як мілкий і поверхневий дисковий обробіток посилювали підкислення верхнього 0–10 см шару, особливо на органо-мінеральному фоні, де рівень рН знижувався до 4,6–4,8. За мінімізованих систем обробітку вміст легкогідролізного азоту, рухомих форм фосфору і калію зростає у 0–10 см шарі, але зменшується в глибших горизонтах, що свідчить про посилення поширової неоднорідності поживного режиму ґрунту. Адаптивна та комбінована системи формували більш рівномірний розподіл елементів живлення в ґрунтовому профілі, поєднуючи їх акумуляцію у верхньому шарі з кращим забезпеченням підорних горизонтів. Найвищий збір зерна в сівозміні одержано за адаптивної системи на фоні побічної продукції + $N_{65}P_{60}K_{70}$ – 4,28 т/га; дещо нижчий показник забезпечувала комбінована система – 4,23 т/га, тоді як поверхневий дисковий обробіток був найменш ефективним. **Висновки.** Мінімізація механічного впливу без періодичного глибокого розпушування зумовлює більш виражену неоднорідність розподілу елементів живлення в ґрунтовому профілі. Найбільш збалансований агрохімічний стан ґрунту і найвищу продуктивність короткоротаційної зернової сівозміни забезпечують адаптивна та комбінована системи обробітку на фоні внесення побічної продукції в поєднанні з $N_{65}P_{60}K_{70}$.

Ключові слова: легкогідролізний азот, рухомий фосфор, рухомий калій, реакція ґрунтового розчину, побічна продукція, мінеральні добрива, зернова сівозміна.

Вступ. Сучасний розвиток систем землеробства в умовах кліматичних змін і зростаючого антропогенного навантаження вимагає удосконалення агротехнологій, спрямованих на збереження родючості ґрунтів та підвищення ефективності використання ресурсів. Одним із ключових елементів таких технологій є система основного обробітку ґрунту, яка визначає умови формування його агрофізичних, агрохімічних і біологічних властивостей, а також істотно впливає на поживний режим і продуктивність сільськогосподарських культур. Особливого значення набуває поєднання систем обробітку ґрунту

з раціональним удобренням, що забезпечує оптимізацію живлення рослин і стабілізацію функціонування агроєкосистем [1; 2].

Перехід від традиційної оранки до мінімізованих і консерваційних систем обробітку ґрунту (*mini-till*, *no-till*) супроводжується неоднозначними наслідками. З одного боку, мінімізація механічного впливу сприяє збереженню органічної речовини, покращенню структури ґрунту, стримуванню деградаційних процесів і зниженню енергетичних витрат. З іншого – у ґрунтовому профілі формується виражена вертикальна диференціація вмісту доступних форм

поживних елементів, а в поверхневому шарі за тривалого мінімального обробітку можливе локальне підкислення, що впливає на їх доступність для рослин і потребує адаптації систем удобрення [2–6].

Водночас, результати досліджень свідчать про неоднозначність впливу різних способів обробітку ґрунту на динаміку поживних елементів. Зокрема, глибокий полицевий обробіток забезпечує більш рівномірний розподіл елементів живлення в орному шарі та активізацію мінералізаційних процесів, тоді як безполицеві та мінімальні системи сприяють їх акумуляції у поверхневих горизонтах і зменшенню втрат [4; 5; 7; 8]. Особливого значення це набуває за поєднання із системами удобрення, оскільки дія добрив і побічної продукції в різних горизонтах ґрунту проявляється неоднаково залежно від глибини й інтенсивності розпушування [9; 10].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання збалансованого поєднання систем основного обробітку ґрунту та удобрення з урахуванням просторового розподілу поживних елементів у ґрунтового профілі залишаються недостатньо вивченими. Це зумовлює актуальність проведення комплексних досліджень, спрямованих на встановлення закономірностей формування поживного режиму ґрунту та продуктивності культур залежно від технологічних прийомів вирощування.

Мета – встановити вплив різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення на просторовий розподіл елементів живлення, реакцію ґрунтового розчину, а також оцінити їх вплив на продуктивність культур короткоротаційної зернової сівозміни в умовах Правобережного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження переконливо свідчать, що системи основного обробітку ґрунту змінюють не лише загальний рівень забезпеченості ґрунту елементами живлення, а й характер їх вертикального розподілу в межах ґрунтового профілю. За даними глобального метааналізу проведеного Lv Ligang, Gao Zhoubing та ін. [2], який охопив 203 дослідження, консерваційний обробіток порівняно з традиційним сприяв підвищенню вмісту у верхньому 0–15 см шарі органічної речовини, загальних і доступних форм N, P, K, а також Ca^{2+} , Mg^{2+} і ємності катіонного обміну. Крім того, диференціація поживних речовин за технології *no-till* виявилася виразнішою, ніж за традиційної оранки, а поєднання технології *no-till* із збереженням рослинних решток додатково підвищувало у верхньому

шарі вміст органічної речовини на 14%, загального вуглецю – на 37%, загального N і P – на 8%, доступного азоту – на 11%, доступного фосфору – на 16% порівняно з *no-till* без мульчування [2].

У довготривалих стаціонарних дослідках ця закономірність підтверджується ще чіткіше. Так, у польовому досліді, закладеному в 1995 р. у Прага-Ружине (Чехія), G. Mühlbachová, P. Růžek та ін. [4] встановили, що за *mini-till* і *no-till*-технологій у поверхневому 0–10 см шарі зростали вміст рухомих форм P і K, а частково й Mg, тоді як максимум вмісту кальцію та вищі значення рН відзначали у глибших шарах, а за полицевої оранки поживний режим у межах орного шару був більш вирівняним. Подібні результати одержали J. L. B. Souza, J. A. Antonangelo та ін. [11] у США: за тривалого застосування технології *no-till* із поверхневим внесенням добрив пошарова диференціація кислотності ґрунту виявлялася вже в межах верхнього шару, а азотні добрива були головним чинником підкислення верхнього шару ґрунту. У 47-річному стаціонарному досліді в центральній Польщі E. Hewelke, L. Mielnik, та ін. [15] встановили, що за технології *no-till* у 0–10 см шарі $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ знижувався від 6,19 до 5,33, тоді як вміст рухомих сполук фосфору зростав від 128,3 до 196,7 мг/кг, а калію – від 125,3 до 218,0 мг/кг порівняно з традиційною оранкою, тоді як у 10–20 см шарі ґрунту істотних відмінностей не відмічено.

Вітчизняні дослідження також підтверджують вертикальну диференціацію поживного режиму залежно від системи обробітку. За даними О.Й. Качмар, О.В. Вавринович та ін. [3], отриманими у стаціонарному досліді на сірому лісовому ґрунті, заміна полицевої оранки на безполицеві способи обробітку та зменшення глибини проведення сприяли підвищенню накопиченню рухомих форм основних елементів живлення в орному 0–20 см шарі і одночасному зменшенню їх вмісту у підорному 20–40 см горизонті. В.В. Гангур, О.І. Лень та ін. [5] у зоні Лівобережного Лісостепу України встановили, що за мінімізації обробітку під пшеницею озимою і ячменем ярим у 0–20 см шарі підвищувався вміст легкогідролізного азоту, тоді як у 20–40 см шарі він знижувався; аналогічна тенденція спостерігалася і для рухомих сполук фосфору та калію. У посівах сої в умовах зрошення Р. А. Вожегова, М. П. Мальярчук та ін. [7] зафіксували максимальний вміст нітратного азоту за чизельного обробітку на 28–30 см – 35,9–39,8 мг/кг ґрунту, що на 13,3 % перевищувало контроль (оранку), тоді як

за нульового обробітку формувалися найнижчі показники азотного і фосфорного режиму; водночас найбільший вміст рухомого калію одержано за полицевої оранки на 28–30 см.

Окремої уваги заслуговує поєднання систем обробітку з удобренням, оскільки саме воно значною мірою визначає глибину й інтенсивність пошарового розподілу поживних елементів. У довготривалому досліді в кукурудзяно-соевій сівозміні М. St. Luce та ін. [8] встановили, що система обробітку та азотне удобрення змінюють не лише загальні запаси С і N, а й співвідношення їх фракцій у ґрунті. У двох довготривалих дослідках Північної Кароліни (37- і 67-річному) Т. Tiecher, L. Gatiboni та ін. [9] встановили, що різні дози внесення фосфорних добрив за традиційної оранки істотно змінюють вертикальний розподіл кислотності та доступності макро- і мікроелементів: підвищені дози обумовлюють зниження вмісту К, зростання Са, Mg, Zn і Mn, причому вираженість ефекту залежала від типу ґрунту. У сухостепових умовах Південної Африки S. Mkhungu, L. Dlamini та ін. [12] встановили, що за технології *no-till* вміст рухомих сполук фосфору був вищим, ніж за оранки, а вміст загального вуглецю та азоту перевищував відповідні показники за традиційного обробітку на 32,4 і 34,6%. Водночас збільшення норм азоту сприяло зниженню вмісту фосфору, кальцію, магнію та значень рН, одночасно підвищуючи обмінну кислотність. Отже, навіть за одного способу обробітку різні системи удобрення можуть або посилювати, або послаблювати вертикальну диференціацію поживного режиму.

В умовах тривалого застосування технології *no-till* істотне значення мають також структура сівозміни та якість рослинних решток. J. P. G. Rigon, C. A. C. Crusciol та ін. [14] встановили, що інтенсивні сівозміни за рахунок вирощування основної та покривної культури підвищують лабільність сполук фосфору в ґрунті, тобто збільшують частку потенційно доступних для рослин форм. У системі ґрунтозахисного землеробства в Південній Телангані К. Nthebere, R. P. Tata та ін. [13] після п'яти років досліджень встановили, що технологія *no-till* і постійне повернення рослинних решток забезпечує вищі запаси органічного вуглецю у шарах 0–15 і 15–30 см, індекс управління запасами вуглецю 142,5 у шарі 0–15 см та врожайність кукурудзи 6,8 т/га проти 6,01 т/га за традиційного обробітку. Це свідчить, що поверхнєве накопичення органічних решток за

зменшеного механічного впливу поліпшує не лише вуглецевий, а й поживний режим ґрунту, передусім у верхній частині ґрунтового профілю. Тому, більшість сучасних досліджень узгоджено вказує на те, що мінімальний і безполицевий обробіток сприяють поверхнєвій акумуляції доступних форм елементів живлення та посиленню пошарової неоднорідності, тоді як полицева оранка і глибоке розпушення забезпечують більш рівномірний їх розподіл у межах орного шару. Водночас для умов сірого лісового ґрунту Правобережного Лісостепу України недостатньо вивченим залишається вплив різних систем основного обробітку й органо-мінерального удобрення на пошаровий розподіл легкогідролізного азоту, рухомого фосфору, калію та реакцію ґрунтового розчину, що і зумовлює актуальність наших досліджень.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили продовж 2021–2025 рр. у стаціонарному польовому досліді відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН» у північній частині Правобережного Лісостепу України. Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий крупнопилуватий легкосуглинковий із заляганням ґрунтових вод глибше 5 м. Орний шар ґрунту вирізняється низьким умістом гумусу (за Тюрином) – 1,34%, високою забезпеченістю рухомими сполуками фосфору 160–180 мг/кг і низькою калію – 80–100 мг/кг ґрунту та слабокислою реакцією ґрунтового розчину (pH_{KCl}) – 5,0.

Короткоротаційна зернова сівозміна мала таке чергування культур: пшениця озима – просо – овес – соя. У досліді порівнювали шість систем основного обробітку ґрунту: різноглибинну полицеву, різноглибинну плоскорізну, адаптивну, дискову одноглибинну, комбіновану та поверхнєву дискову (табл. 1). Система удобрення передбачала два фони: 1) внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га; 2) внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га у поєднанні з $\text{N}_{65}\text{P}_{60}\text{K}_{70}$ на 1 га сівозмінної площі. Під окремі культури застосовували такі норми: соя – $\text{N}_{40}\text{P}_{50}\text{K}_{60}$, пшениця озима – $\text{N}_{90}\text{P}_{70}\text{K}_{80}$, просо – $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{70}$, овес – $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{70}$. Загальна площа ділянки 200 м², облікової 120 м², повторність дослідів триразова.

Дослідження здійснювалися за загальноприйнятими методиками, узагальненими і доповненими сучасними положеннями співробітниками відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН»: кислотність ґрунту (за ДСТУ 7537:2014; ДСТУ ISO 10390:2007), азот легкогідроліз-

Таблиця 1. Системи обробітку ґрунту культур зернової сівоzmіни

Система обробітку ґрунту	Пшениця озима	Просо	Овес	Соя
Різноглибинна полицева	О 16–18 см	О 22–24 см	МО 10–12 см	О 28–30 см
Різноглибинна плоскорізна	П 16–18 см	П 22–24 см	П 10–12 см	П 28–30 см
Адаптивна	Д 10–12 см	О 22–24 см	Д 10–12 см	Ч 40–42 см
Дискова одноглибинна	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см
Комбінована	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Ч 40–42 см	Д 10–12 см
Поверхнева	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см

Примітка. МО(О) – мілка оранка (оранка) плугом ПЛН-3-35; П – плоскорізний обробіток плоскорізом-щільнорізом ПЩН-2,5; Ч – чизельний обробіток чизелем-глибокорозпушувачем ПЧ-2,5; Д – дискування дисковою бороною АГД-2,1.

ний (за ДСТУ 7863:2015), рухомий фосфор і калій (за ДСТУ 4405:2005) у шарах ґрунту 0–10, 10–20, 20–30 та 30–40 см. Агрохімічні показники ґрунту визначали щороку в посівах культур сівоzmіни: 2021 р. – пшениці озимої, 2022 р. – проса, 2023 р. – вівса, 2024 р. – сої та у 2025 р. – пшениці озимої. Отримані дані були проаналізовані за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA), де фактором А постала система обробітку ґрунту ($n = 6$), фактор В – система удобрення. Достовірність відмінностей між середніми значеннями оцінювали за критерієм Тьюкі (Tukey HSD), за рівня значущості $**p \leq 0,001$ – 99,99%, для $*p \leq 0,01$ – 99%; для $p \leq 0,05$ – 95% (не відмічаємо).

Результати та їх обговорення. За результатами проведених досліджень впродовж 2021–2025 рр. встановлено, що реакція ґрунтового розчину істотно залежала від системи основного обробітку та фону

удобрення. Зокрема, найбільші відмінності відмічено у верхньому 0–10 см шарі ґрунту, де локалізується основна маса рослинних решток та найактивніше відбуваються процеси їх мінералізації (табл. 2). Зокрема, за різноглибинної полицевої оранки кислотність ґрунту була найстабільнішою: значення рН у 0–10 см шарі становили 5,6 незалежно від рівня удобрення, а в шарі 30–40 см виявлено зростання до 5,9 за внесення побічної продукції та до 6,3 на органо-мінеральному фоні, що свідчить про послаблення рівня кислотності з глибиною та вищу буферність нижніх горизонтів ґрунту.

За плоскорізного обробітку відзначалося зниження рівня рН у верхньому шарі, до 4,9 у шарі 0–10 см і до 4,8 у 10–20 см за внесення побічної продукції + $N_{65}P_{60}K_{70}$, що є одним із мінімальних значень серед апробованих систем обробітку. Це свідчить про

Таблиця 2. Пошаровий розподіл значень pH_{KCl} ґрунту залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення, середнє за 2021–2025 рр.

Система удобрення	Шар ґрунту, см	Система обробітку ґрунту					
		Різноглибинна полицева, 10–30 см (контроль)	Різноглибинна плоскорізна, 10–30 см	Адаптивна (диференційована), 10–42 см	Мілка дискова, 10–12 см	Комбінована, 10–42 см	Поверхнева дискова, 6–8 см
Побічна продукція попередника	0–10	5,6*	5,6	5,6	5,1*	5,5	5,2
	10–20	5,7*	5,4	5,4	5,2*	5,4	5,5
	20–30	5,6	5,5	5,5	5,5	5,5	5,7
	30–40	5,9	5,5	5,6	5,4	5,7	5,6
Побічна продукція + $N_{65}P_{60}K_{70}$	0–10	5,6**	4,9	5,0	4,8*	5,1	4,6**
	10–20	5,5	4,8	5,1	5,7	5,2	5,5
	20–30	5,8	5,1	5,1	5,5	5,3	5,0
	30–40	6,3	5,7	5,4	5,5	5,5	5,4

Примітка. *Для $p \leq 0,01$, **для $p \leq 0,001$ ($n = 5$).

інтенсивне утворення й накопичення органічних кислот у верхніх шарах та обмежене перемішування орного шару з нижніми (менш кислими, нейтрально-буферними) горизонтами. У нижній 20–40 см частині ґрунтового профілю рівень рН теж залишався дещо кислим 5,1–5,7, тобто профільна диференціація була чітко виражена.

Адаптивна й комбінована системи характеризувалися більш вирівняною реакцією ґрунтового розчину. За внесення лише побічної продукції рН у більшості шарів становив 5,4–5,7, а на фоні внесення побічної продукції + $N_{65}P_{60}K_{70}$ знижувався до 5,0–5,5 без різкого підкислення нижніх горизонтів. Отже, періодичне глибоке рихлення в поєднанні з мілким обробітком стримувало надмірне поверхнєве підкислення та послаблювало пошарову диференціацію реакції ґрунтового розчину.

Найнижчі значення рН зафіксовано за поверхневого дискового обробітку – 5,2 на фоні побічної продукції та 4,6 за поєднання з $N_{65}P_{60}K_{70}$ у шарі 0–10 см. У глибших горизонтах за цієї системи рН підвищувався до 5,0–5,5, що свідчить про найбільш контрастну пошарову диференціацію кислотності ґрунтового розчину серед досліджуваних систем обробітку. За мілкого дискування на глибину 10–12 см спостерігали зростання кислотності у верхньому шарі незалежно від систем удобрення, рН становив 4,8–5,1. В даному випадку це свідчить про значне підкислення внаслідок поверхневого накопичення рослинних решток і відсутності перемішування з підорним шаром.

Вміст легкогідролізного азоту за всіх систем обробітку закономірно зменшувався з глибиною ґрунтового профілю, однак характер його пошарового розподілу істотно залежав від способу обробітку та фону удобрення (рис. 1). Загальною закономірністю було зростання вмісту азоту у верхньому 0–10 см шарі за мінімізації механічного впливу на ґрунт і, навпаки, більш рівномірний його розподіл у межах 0–40 см профілю за систем, що передбачали глибоке безполицеве розпушування (чизелювання) або оранку.

У шарі 0–10 см за внесення лише побічної продукції найвищий вміст легкогідролізного азоту сформувався за адаптивної та поверхневої дискової систем обробітків 75,3 і 75,5 мг/кг ґрунту, а також за мілкого дискування – 73,8 мг/кг, що істотно перевищувало контрольний варіант із різноглибинною полицевою оранкою (61,1 мг/кг). На органо-мінеральному фоні

вміст азоту у верхньому шарі зростав за всіх систем обробітку до 72,7–93,4 мг/кг ґрунту, причому абсолютний максимум відмічено на фоні проведення мілкого дискового обробітку – 93,4 мг/кг, що свідчить про виражену поверхнєву локалізацію сполук азоту за обмеженого перемішування ґрунту та накопичення рослинних решток у верхній частині профілю.

У 10–20 см шарі ґрунту за внесення побічної продукції вміст легкогідролізного азоту коливався в межах 55,6–68,1 мг/кг ґрунту. Найнижче значення відзначено за полицевою оранки (55,6 мг/кг), тоді як за плоскорізного, адаптивного та комбінованого обробітків – зростало до 65,0–68,1 мг/кг. За внесення побічної продукції у поєднанні з $N_{65}P_{60}K_{70}$ найвищі показники одержано за комбінованої, адаптивної та полицевої систем – 78,0; 76,2 і 75,8 мг/кг ґрунту відповідно, тоді як за поверхневого дискового обробітку вміст азоту залишався найнижчим – 64,8 мг/кг.

На глибині 20–30 см відмінності між системами обробітку посилювалися. За внесення лише побічної продукції найвищий вміст легкогідролізного азоту забезпечувала адаптивна система – 61,3 мг/кг ґрунту, дещо нижчі значення формувалися за комбінованого (59,1) та полицевого (57,0 мг/кг) обробітків. Натомість за мілкого та поверхневого дискових обробітків цей показник знижувався до 48,4–50,6 мг/кг ґрунту. На органо-мінеральному фоні перевага зберігалася за полицевої та адаптивної систем – 70,6 і 69,5 мг/кг ґрунту відповідно, тоді як за мілкого та поверхневого дискового обробітку вміст азоту не перевищував 50,6–53,8 мг/кг, що вказує на обмежене надходження та трансформацію азотовмісних сполук у нижній частині орного шару за мінімізації обробітку ґрунту.

У 30–40 см шарі за внесення лише побічної продукції вміст легкогідролізного азоту становив 44,9 мг/кг за полицевої оранки, 46,7 – за адаптивної та 47,4 мг/кг ґрунту – за комбінованої системи, тоді як за плоскорізного, мілкого і поверхневого дискового обробітку він знижувався до 30,9–43,8 мг/кг. На фоні внесення $N_{65}P_{60}K_{70}$ на 1 га сівозмінної площі найвищі значення відзначено за адаптивної (60,8 мг/кг), полицевої (58,8) та комбінованої (53,3 мг/кг) систем, тоді як за поверхневого дискового обробітку показник знижувався до 25,2 мг/кг ґрунту, що на 33,6 мг/кг менше порівняно до контролю.

Отже, полицева, адаптивна та комбінована системи обробітків забезпечували більш рівномірний розподіл легкогідролізного азоту в межах 0–40 см профілю ґрунту. Натомість мілкий і особливо поверхневий

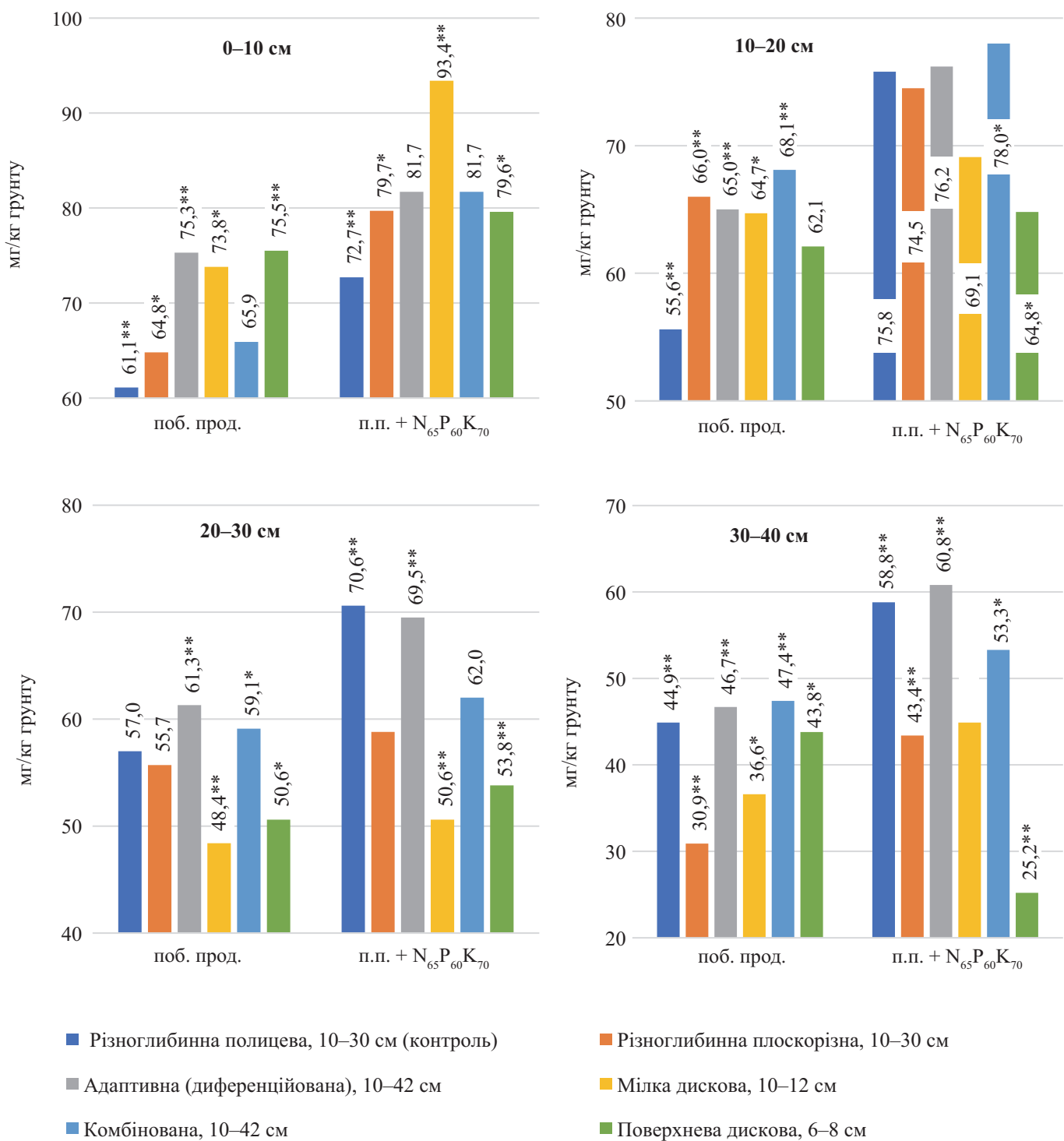


Рис. 1. Пошаровий розподіл легкогідролізованого азоту в ґрунтовому профілі залежно від систем обробітку та удобрення (тест Тьюкі HSD: *для $p \leq 0,01$, **для $p \leq 0,001$, $n = 6$)

дисковий обробіток сприяли акумуляції сполук азоту у верхньому 0–10 см шарі з одночасним різким зниженням його вмісту в нижчих горизонтах.

Вміст рухомого фосфору в ґрунтовому профілі визначався як системою обробітку, так і фоном удобрення, де ключовою закономірністю було посилення його пошарової диференціації за мінімізації обробітку та зростання загального вмісту сполук рухомого

фосфору за внесення побічної продукції в поєднанні з $N_{65}P_{60}K_{70}$ (рис. 2).

У верхньому 0–10 см шарі за внесення лише побічної продукції вміст рухомого фосфору становив 142–193 мг/кг ґрунту, а максимум формувався за мілкого та поверхневого дискового обробітків – 193 і 184 мг/кг ґрунту відповідно. На органо-мінеральному фоні ця закономірність посилювалася, і вміст

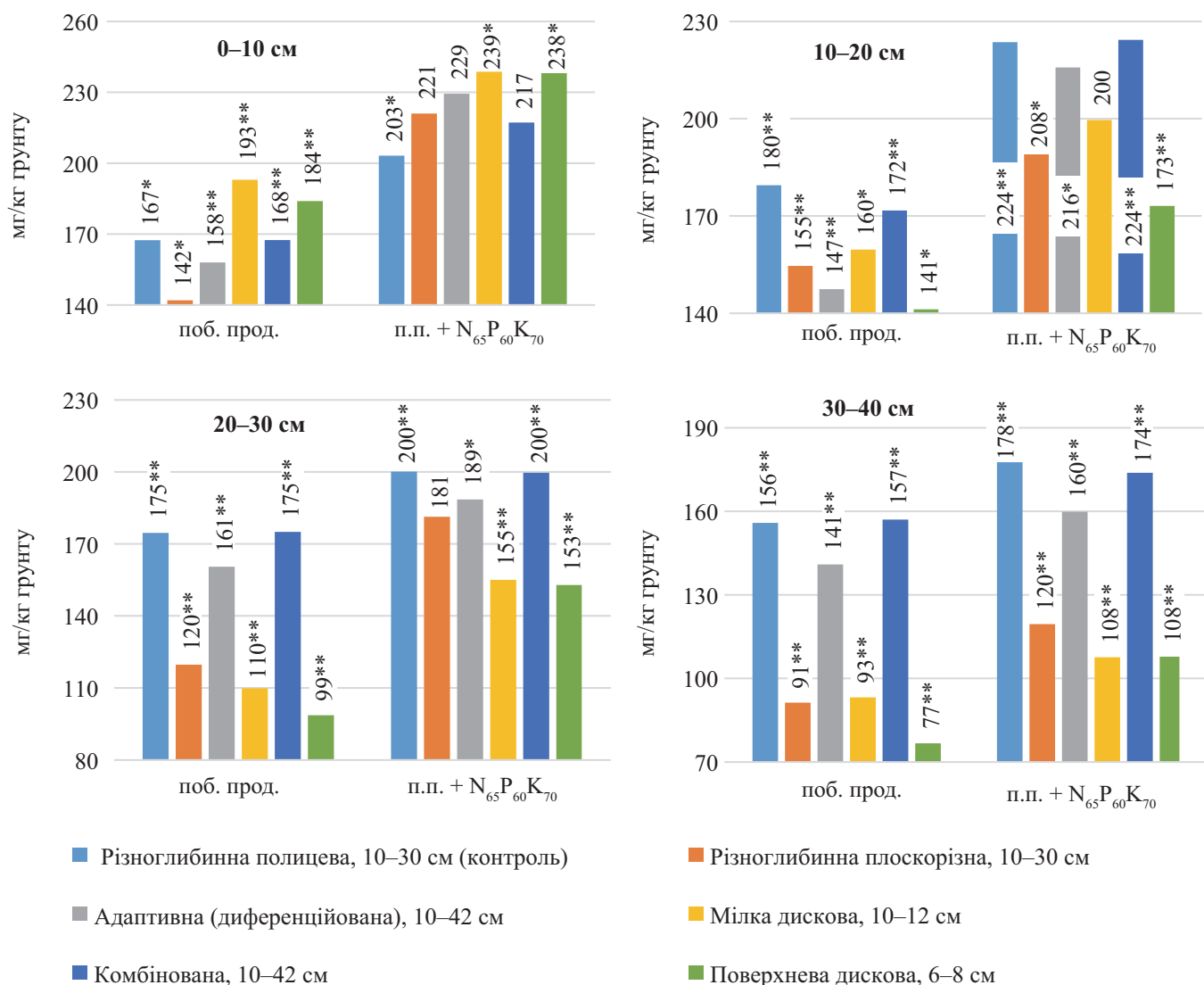


Рис. 2. Пошаровий розподіл рухомого фосфору у ґрунтовому профілі залежно від систем обробітку та удобрення (тест Тьюкі HSD: *для $p \leq 0,01$, **для $p \leq 0,001$, $n = 6$)

рухомого фосфору у верхньому 0–10 см шарі зростає до 203–239 мг/кг ґрунту, досягаючи максимуму за мілкою дисковою, поверхневою дисковою та адаптивним обробітків – 239, 238 і 229 мг/кг ґрунту відповідно. Це свідчить, що за поверхневого або мілкового обробітку сполуки рухомого фосфору переважно акумулюються у приповерхневій частині ґрунтового профілю, де локалізуються рослинні рештки та основна маса внесених мінеральних добрив.

За внесення побічної продукції найвищий уміст сполук рухомого фосфору у 10–20 см шарі забезпечували різноглибинна полицева оранка та комбінований обробіток – 180 і 172 мг/кг ґрунту, тоді як за поверхневого дискового й адаптивного обробітку він знижувався до 141–147 мг/кг. На фоні N₆₅P₆₀K₇₀ ця закономірність зберігалася: за полицевого і комбінованого

обробітку вміст фосфору досягав 224 мг/кг, а за поверхневого дискового не перевищував 173 мг/кг.

У нижніх шарах ґрунту відмічено закономірність до зниження вмісту рухомого фосфору, особливо за внесення лише побічної продукції у 20–30 і 30–40 см шарах ґрунту за різноглибинного плоскорізного, мілкового та поверхневого дискового обробітків до 99–120 і 77–91 мг/кг ґрунту відповідно. На контрольному варіанті, адаптивній і комбінованій системі обробітку вміст рухомого фосфору коливався в інтервалі 161–175 мг/кг ґрунту, а із внесенням побічної продукції + + NPK мінеральних добрив зростає до 189–200 мг/кг ґрунту.

Тому, різноглибинна полицева та комбінована системи забезпечують найбільш рівномірний розподіл сполук рухомого фосфору в ґрунтовому профілі у межах 0–40 см, адаптивна займає проміжне

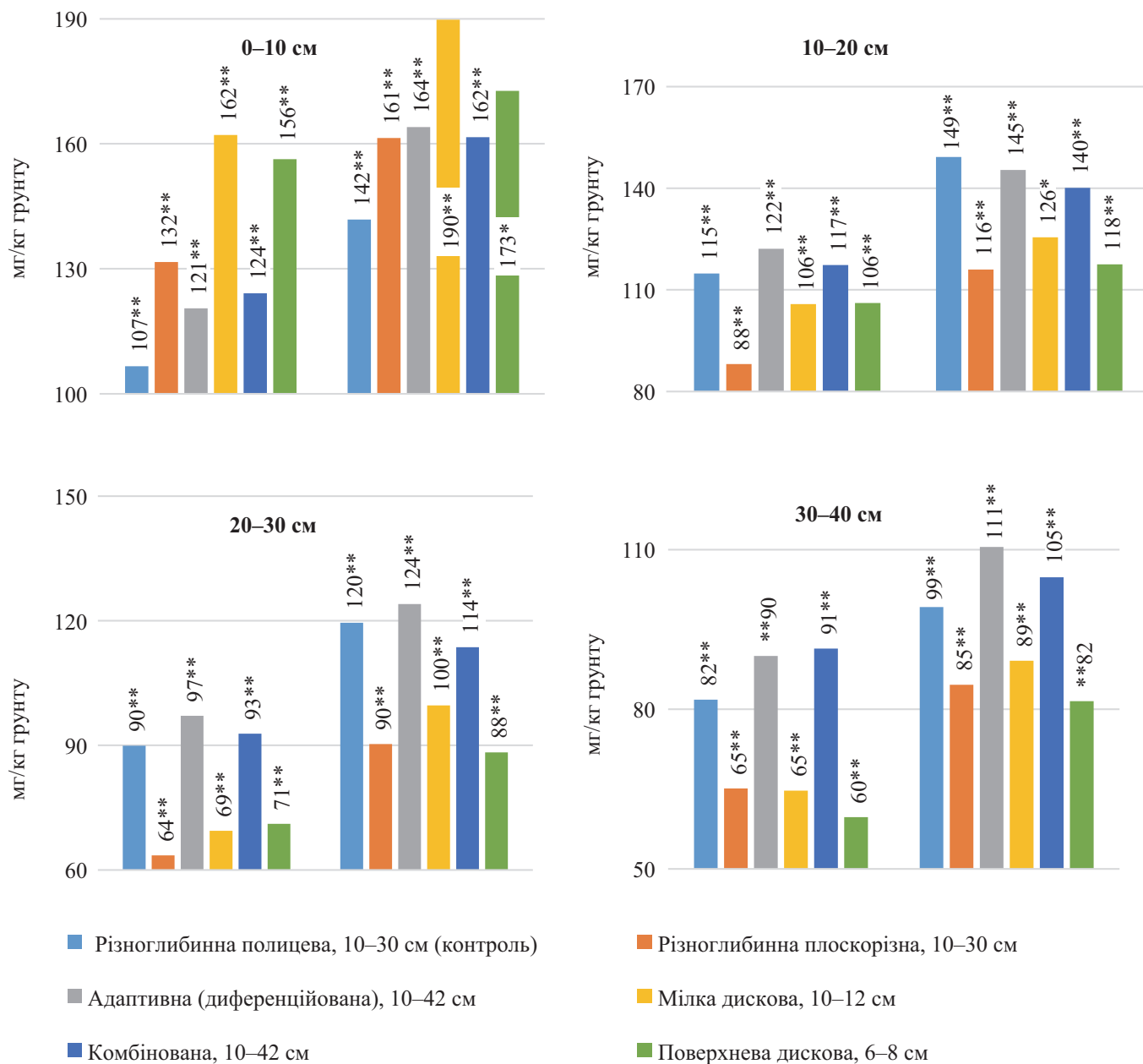


Рис. 3. Пошаровий розподіл рухомого калію у ґрунтовому профілі залежно від систем обробітку та удобрення (тест Тьюкі HSD: *для $p \leq 0,01$, **для $p \leq 0,001$, $n = 6$)

положення, тоді як мілкий і особливо поверхневий дисковий обробіток зумовлювали різку локалізацію рухомого фосфору у верхньому 0–10 см шарі. Отже, мінімізовані системи обробітку сприяють акумуляції рухомого фосфору в приповерхневому шарі, однак водночас обмежують його надходження в нижчі горизонти ґрунтового профілю, підвищуючи ризик фосфорного дефіциту за умов недостатнього зволоження.

Як і для інших основних елементів живлення, за результатами досліджень встановлено істотну диференціацію вмісту рухомих сполук калію в орному та підорному шарах ґрунту залежно від систем

основного обробітку та удобрення. Загальною закономірністю було зниження вмісту рухомого калію з глибиною профілю, однак інтенсивність цього процесу істотно різнилася залежно від способу обробітку ґрунту (рис. 3).

Зокрема, у верхньому 0–10 см шарі за внесення лише побічної продукції найвищий вміст рухомого калію формувався за мілкою та поверхневою дисковою обробітку – 162 і 156 мг/кг ґрунту відповідно, тоді як за оранки становив лише 107 мг/кг. На фоні побічної продукції + $N_{65}P_{60}K_{70}$ вміст сполук рухомого калію зростав до 142–190 мг/кг ґрунту, досягаючи максимуму за мілкою дисковою обробітку.

Таблиця 3. Збір зерна у зерновій сівозміні залежно від системи удобрення (середнє 2021–2025 рр.)

Система обробітку ґрунту	Внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га	Внесення побічної продукції попередника 6,5–7,0 т/га + N ₆₅ P ₆₀ K ₇₀
Різноглибинна полицева, 10–30 см (контроль)	3,41±0,45	4,02±0,47
Різноглибинна плоскорізна, 10–30 см	3,20±0,42	3,69±0,48
Адаптивна (диференційована), 10–42 см	3,59±0,43	4,28±0,50
Мілка дискова, 10–12 см	3,18±0,46	3,74±0,52
Комбінована, 10–42 см	3,48±0,42	4,23±0,46
Поверхнева дискова, 6–8 см	2,59±0,35	3,27±0,49

Примітка. НР₀₀₅ загальна 0,24, НР₀₀₅ система обробітку ґрунту 0,17, НР₀₀₅ система удобрення 0,10, точність дослідів – 2,3%.

У шарі 10–20 см за внесення лише побічної продукції найнижчий вміст рухомого калію відмічено за плоскорізного обробітку – 88 мг/кг ґрунту, тоді як за полицевого, адаптивного та комбінованого він становив 115–122 мг/кг, тоді як на орґано-мінеральному фоні найвищі значення формувалися за адаптивної, плоскорізної та комбінованої систем – 145, 149 і 140 мг/кг ґрунту відповідно. У горизонтах 20–30 і 30–40 см пошарова диференціація вмісту рухомих форм калію в ґрунтового профілі ще більше посилювалася: за внесення лише побічної продукції адаптивна та комбінована системи забезпечували 93–97 і 90–91 мг/кг ґрунту, тоді як за мілкого й поверхневого дискового обробітку вміст калію знижувався до 60–71 мг/кг. На фоні внесення N₆₅P₆₀K₇₀ перевага зберігалася за адаптивною, комбінованою та полицевою системами, де вміст рухомого калію в нижчих горизонтах досягав 99–111 мг/кг ґрунту. Отже, полицева, адаптивна та комбінована системи формували найбільш вирівняний пошаровий розподіл сполук рухомого калію, тоді як мілкий і особливо поверхневий дисковий обробіток зумовлювали його різку локалізацію у верхньому шарі з подальшим збідненням нижньої частини орного шару ґрунту.

Інтегральний показник збору зерна в короткочасній зерновій сівозміні узагальнює реакцію культур на поєднання систем основного обробітку ґрунту та удобрення і дає змогу об'єктивно оцінити ефективність досліджуваних технологічних рішень (табл. 3). За внесення лише побічної продукції попередника збір зерна змінювався від 2,59 т/га за поверхневого дискового обробітку до 3,59 т/га за адаптивної системи. Різноглибинна полицева система забезпечувала 3,41 т/га, комбінована – 3,48 т/га, тоді як мілкий дисковий і різноглибинний плоскорізний обробітки поступалися їм і формували відповідно 3,18 і 3,20 т/га.

Отже, за внесення лише побічної продукції попередника перевагу мали системи основного обробітку ґрунту, що поєднували глибоке або диференційоване розпушування з кращою реалізацією продуктивного потенціалу ґрунту.

На орґано-мінеральному фоні продуктивність сівозміни зростала за всіх систем обробітку, де приріст збору зерна становив 0,49–0,69 т/га із максимальними значеннями за адаптивної системи – 4,28 т/га, дещо нижчими за комбінованої – 4,23 т/га та полицевої різноглибинної – 4,02 т/га. Натомість плоскорізний і мілкий дисковий обробітки забезпечували лише збір 3,69 і 3,74 т/га зерна, а поверхневий дисковий залишався найменш ефективним – 3,27 т/га. Тому, у середньому по сівозміні найвищий збір зерна як на фоні внесення побічної продукції, так і за поєднання її з мінеральними добривами забезпечували адаптивна та комбінована системи обробітку ґрунту. Це свідчить, що диференційоване або комбіноване розпушування створює сприятливіші умови для реалізації продуктивного потенціалу культур, ніж постійний мілкий чи поверхневий дисковий обробіток.

Висновки

Системи основного обробітку ґрунту істотно впливали на реакцію ґрунтового розчину та пошаровий розподіл елементів живлення в профілі сірого лісового ґрунту. Безполицеві та мінімальні системи сприяли підкисленню верхнього 0–10 см шару, тоді як різноглибинна полицева оранка забезпечувала найстабільніші значення рН і найменшу пошарову диференціацію рівня кислотності. Поєднання побічної продукції з NPK посилювало підкислення, найбільш виражене за мілкого та поверхневого дискового обробітку.

За вмістом легкогідролізного азоту встановлено чітку залежність його вертикального розподілу від системи обробітку. Мінімальні способи обробітку зумовлювали акумуляцію азотних сполук у верхньому шарі та різке зниження їх вмісту з глибиною, тоді як полицева, адаптивна й комбінована системи формували більш рівномірний розподіл азоту в ґрунтовому профілі. Різноглибинна полицева та комбінована системи забезпечували найбільш рівномірний розподіл рухомого фосфору й калію в орному та підорному шарах ґрунту. Натомість мілкий і особливо поверхневий дисковий обробіток сприяли локалізації цих елементів у верхньому 0–10 см шарі з одночасним зниженням їх вмісту

в нижніх горизонтах. За органо-мінерального удобрення вміст рухомого фосфору і калію зростав у всьому 0–40 см профілі ґрунту, однак пошарова неоднорідність їх розподілу за мінімальних систем обробітку зберігалася.

Адаптивна та комбінована системи обробітку ґрунту забезпечили найвищий і найбільш стабільний збір зерна по сівоzmіні 4,23–4,28 т/га, що підтверджує доцільність застосування диференційованого (адаптивного) обробітку ґрунту як базового елемента ресурсоефективних технологій у короткочасних сівоzmінах, що забезпечують оптимізацію водного й поживного режимів та реалізацію продуктивного потенціалу культур сівоzmіни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tsyliuryk, O.I., Tkalic, Y.I., Kolesnykova, K.V., Rudakov, Y.M., & Tkalic, Y.Y. (2025). Modern trends and development directions of soil tillage systems in the world and Ukraine. *Agrology*, 8(1), 48–54. <https://doi.org/10.32819/202507>.
2. Lv, L., Gao, Z., Liao, K., Zhu, Q., & Zhu, J. (2023). Impact of conservation tillage on the distribution of soil nutrients with depth. *Soil and Tillage Research*, 225, Article 105527. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105527>.
3. Качмар О.Й., Вавринович О.В., Щерба М.М., Саверин І.В., Таравська О.В., Вовк А.І., Котик З.О. (2021). Вплив систем обробітку ґрунту й удобрення на поживний режим сірого лісового ґрунту і продуктивність короткочасної сівоzmіни. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 70(2), 18–35. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-2)
4. Mühlbachová, G., Růžek, P., Kusá, H., Vavera, R., & Káš, M. (2024). Nutrient distribution in the soil profile under different tillage practices during a long-term field trial. *Agronomy*, 14(12), Article 3017. <https://doi.org/10.3390/agronomy14123017>.
5. Гангур, В.В., Лень, О.І., & Гангур, М.В. (2022). Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, (1), 38–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>.
6. Zhu, C., Wang, S., Jiang, G., et al. (2025). Intermittent deep tillage increases soil quality and ecosystem multifunctionality in a Fluvo-aquic soil on the North China Plain. *Journal of Environmental Management*, 374, Article 124085. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124085>.
7. Вожегова, Р.А., Малярчук, М.П., Котельников, Д.І., Грибнюк, К.С. (2021). Врожайність сої за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення в умовах зрошення. *Аграрні інновації*, 7, 10–15. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.2>.
8. Luce, M. St., Ziadi, N., Chantigny, M. H., & Braun, J. (2022). Long-term effects of tillage and nitrogen fertilization on soil C and N fractions in a corn–soybean rotation. *Canadian Journal of Soil Science*, 102(2), 277–292. <https://doi.org/10.1139/cjss-2021-0129>.
9. Tiecher, T., Gatiboni, L., Filippi, D., Osmond, D., & Hardy, D. (2025). Effect of P rates in long-term conservation agriculture trials on the vertical distribution of soil acidity and nutrient availability. *Journal of Environmental Quality*, 54, 1187–1201. <https://doi.org/10.1002/jeq2.70029>.
10. Mühlbachová, G., Kusá, H., Růžek, P., Káš, M., & Vavera, R. (2025). Soil nutrient contents in a long-term field experiment following the suspension of phosphorus and potassium fertilisation. *Plant, Soil and Environment*, 71(11), 770–781. <https://doi.org/10.17221/310/2025-PSE>.
11. Souza, J.L.B., Antonangelo, J.A., Zhang, H., Reed, V., Finch, B., & Arnall, B. (2023). Impact of long-term fertilization in no-till on the stratification of soil acidity and related parameters. *Soil and Tillage Research*, 228, Article 105624. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105624>.
12. Mkhungo, S., Dlamini, L., DeJager, E., Tembe, N., & Mkhonza, N. (2025). Long-term effect of nitrogen application and tillage on soil fertility parameters under dryland conditions. *Scientific Reports*, 15,

- Article 34234. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-16163-6>.
13. Nthebere, K., Tata, R.P., Gudapati, J., Bhimireddy, P., Admala, M., Chandran, L. P., & Yadav, M.B.N. (2025). Assessment of conservation agriculture on soil nutrient stratification ratio, carbon sequestration rate, management indices and crop productivity in Southern Telangana, India. *Scientific Reports*, 15, Article 15038. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00177-1>.
 14. Rigon, J.P.G., Crusciol, C.A.C., Calonego, J.C., Pavinato, P.S., Azevedo, A.C., & Rosolem, C.A. (2022). Intensive crop rotations and residue quality increase soil phosphorus lability under long-term no-till in tropical soils. *Soil and Tillage Research*, 223, Article 105446. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105446>.
 15. Hewelke, E., Mielnik, L., Weber, J., Perzanowska, A., Jamroz, E., Gozdowski, D., & Szacki, P. (2024). Chemical and physical aspects of soil health resulting from long-term no-till management. *Sustainability*, 16(22), Article 9682. <https://doi.org/10.3390/su16229682>.

Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Remeniuk Yu.O., Dykun O.V.

Distribution of nutrients in the soil profile and productivity of grain crop rotation depending on tillage systems and fertilization

Aim. To determine the influence of different primary tillage systems and fertilization on the spatial distribution of nutrients, soil solution reaction, and the productivity of crops in a short-rotation grain crop rotation under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, analytical, and mathematical-statistical methods. The study was conducted during 2021–2025 in a stationary field experiment on gray forest light loamy soil. Six primary tillage systems were compared under two fertilization backgrounds: crop by-products of the predecessor and crop by-products combined with $N_{65}P_{60}K_{70}$. Agrochemical parameters were determined in the 0–10, 10–20, 20–30, and 30–40 cm soil layers. Experimental data were processed using two-way analysis of variance with the Tukey HSD test. **Results.** Variable-depth moldboard plowing ensured the lowest layer-by-layer differentiation of soil solution reaction, whereas shallow and surface disk tillage intensified acidification of the upper 0–10 cm layer, especially under the organo-mineral background, where pH decreased to 4.6–4.8. Under minimized tillage systems, the content of alkaline-hydrolyzable nitrogen and mobile forms of phosphorus and potassium increased in the 0–10 cm layer but decreased in deeper horizons, indicating a more pronounced heterogeneity in nutrient distribution within the soil profile. Adaptive and combined tillage systems provided a more even distribution of nutrients throughout the soil profile, combining their accumulation in the upper layer with better nutrient supply in the subsoil horizons. The highest grain yield in the crop rotation was obtained under the adaptive system combined with crop by-products + $N_{65}P_{60}K_{70}$, amounting to 4.28 t/ha; a slightly lower value was recorded under the combined system, 4.23 t/ha, whereas surface disk tillage was the least effective. **Conclusions.** Minimization of mechanical soil disturbance without periodic deep loosening results in a more pronounced heterogeneity of nutrient distribution within the soil profile. The most balanced agrochemical soil condition and the highest productivity of the short-rotation grain crop rotation were ensured by the adaptive and combined tillage systems under the application of crop by-products combined with $N_{65}P_{60}K_{70}$.

Key words: alkaline-hydrolyzable nitrogen, mobile phosphorus, mobile potassium, soil solution reaction, crop by-products, mineral fertilizers, grain crop rotation.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Пташнік М.М., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0000-0001-8002-7139.

Ременюк Ю.О., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0009-0006-4609-0277.

Заяць П.С., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: zayats1986z@gmail.com, ORCID : 0000-0002-2655-105X.

Дикун О.В., науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: Allasaker823@ gmail.com, ORCID: 0000-0001-8378-8646.

Ptashnik M.M., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8002-7139.

Remeniuk Yu.O., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0009-0006-4609-0277.

Zaiats P.S., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: zayats1986z@gmail.com, ORCID : 0000-0002-2655-105X.

Dykun O.V., researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: Allasaker823@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8378-8646.

Надійшла 20.02.2026

Прийнята до друку 11.04.2026

Опубліковано червень 2026

ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗА ВИРОЩУВАННЯ НА СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ, ЗАБРУДНЕНОМУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Г.В. Давидюк, І.І. Клименко, Л.І. Шкарівська,
Н.І. Довбаш, В.В. Гірник, М.А. Кущук
ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Встановити вплив агротехнічних заходів на продуктивність, якість зерна і накопичення цинку, свинцю та кадмію в зерні кукурудзи на сірому лісовому ґрунті, забрудненому важкими металами. **Методи.** Полігонного моніторингу, польового досліду, лабораторний та статистичний. **Результати.** У середньому за 2021–2025 рр. урожайність кукурудзи на зерно характеризувалася незначною мінливістю. За величини коефіцієнта варіації (V) – 6,8 %, амплітуда коливань становила 1,7 т/га (від 6,7 до 8,4 т/га). Відмічено позитивний вплив застосування гумату і комплексного мікоризоутворювального препарату на врожайність зерна кукурудзи в умовах забрудненості ґрунту політантами. За внесення їх як окремо, так і за сумісного поєднання, цей показник був вищим порівняно з варіантом без внесення біопрепаратів (контролем) на 0,3–0,6 т/га на природному фоні, на 0,4–0,6 т/га – за перевищення фону важких металів у 5 разів, 0,2–0,8 т/га – 10 разів і 0,3–0,5 т/га – 100 разів. Запровадження запропонованих агротехнічних заходів не мало значного впливу на показники якості зерна кукурудзи. Уміст цинку, свинцю та кадмію не перевищував ГДК для кормових цілей. **Висновки.** Встановлено, що в умовах стабільного техногенного забруднення сірого лісового ґрунту важкими металами, застосування агротехнічних заходів (періодичне вапнування, внесення побічної продукції обробленої біодеструктором, гумату та обробка насіння комплексним мікоризоутворювальним препаратом із властивостями детоксиканта) за беззмінного вирощування кукурудзи на зерно дає можливість отримати не продовольче зерно, але придатне для кормових і технічних цілей (виробництва біоетанолу) з урожайністю 6,7–8,4 т/га. Сумісне застосування гумату і комплексного мікоризоутворювального препарату забезпечило найвищу врожайність зерна кукурудзи 7,2–8,4 т/га не залежно від вмісту важких металів у ґрунті.

Ключові слова: антропогенне навантаження, забруднення ґрунтів, фіторе mediaція, урожайність, протеїн.

Вступ. Забруднення сільськогосподарських ґрунтів важкими металами у світі з кожним роком зростає і є важливою екологічною проблемою. Важкі метали потрапляють у ґрунт природним шляхом (материнські породи, вулканічна активність, вивітрювання мінералів, лісові пожежі) та за рахунок антропогенної діяльності (гірничодобувна та плавильна промисловість, транспорт, органічні і мінеральні добрива, пестициди, стічні води, атмосферні опади) [1]. Сільськогосподарські ґрунти є важливим природним ресурсом. Їх забруднення може негативно впливати на здоров'я та продуктивність рослин і є однією з найактуальніших проблем для продовольчої безпеки та здоров'я людини [2; 3]. Для зменшення

вмісту важких металів або пом'якшення їх токсичного впливу на ґрунти, використовують певні види рослин, які накопичують важкі метали (метод фіторе mediaції), що є екологічно безпечним і сталим підходом до відновлення забруднених земель [4].

Дослідженню зменшення шкідливого впливу важких металів на довкілля і розробці способів використання ґрунтів, забруднених важкими металами, присвячені праці вітчизняних і закордонних вчених С.А. Балюка, А.І. Фатєєва, В.Л. Самохвалової, Ю.М. Дмитрука, С.Г. Корсун, Я.Г. Цицюри та багатьох інших. Однак, питання ефективності використання забруднених важкими металами ґрунтів, кількість яких збільшується, зокрема, і внаслідок

воєнних дій, потребують вивчення. Актуальним є пошук шляхів для отримання сталих урожаїв сільськогосподарських культур на ґрунтах із понаднормовим умістом важких металів.

Мета досліджень. Встановити вплив агротехнічних заходів на продуктивність, якість зерна і накопичення цинку, свинцю та кадмію в зерні кукурудзи на сірому лісовому ґрунті, забрудненому важкими металами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Накопичення важких металів у ґрунтах істотно впливає на їх родючість і врожайність сільськогосподарських культур. У сучасних умовах зміни клімату та значного антропогенного навантаження відновлення родючості ґрунтів забруднених важкими металами є досить складним процесом. Тому, питанням детоксикації таких ґрунтів приділяється значна увага багатьма вченими в Україні і за кордоном [5–8]. Оскільки ремедіація ґрунтів має поєднувати різні аспекти, частіше використовуються заходи фіторемердіації, спрямовані на зменшення кількості забруднювачів із використанням сільськогосподарських культур [9;10]. Вибір рослин зі швидким ростом та високими темпами виробництва біомаси має важливе значення для фіторемердіації.

Забруднені важкими металами ґрунти в багатьох випадках можуть використовуватися для вирощування сільськогосподарських культур, за умови правильного їх вибору, зокрема кукурудзи [11]. Кукурудза є рослиною з C_4 -фотосинтезом, що дає можливість їй поглинати більше CO_2 та виробляти більше біомаси з гектара, ніж інші рослини, що є важливим в умовах зміни клімату [12]. Вона є високопродуктивною, харчовою і кормовою культурою, сировиною для виробництва білка, крохмалю, олії, використовується на біоенергетичні цілі [13–15]. Кукурудза – це економічно вигідна культура, яка використовується у фіторемердіації ґрунтів із низьким і помірним забрудненням кадмієм. Вона може накопичувати високу концентрацію цього металу у вегетативних органах і лише низьку – у зерні [16]. Ця культура є стійкою до свинцю, про що свідчить мінімальний вплив цього металу на її ріст і виробництво біомаси [17].

Для зменшення впливу важких металів на ґрунт і сільськогосподарські культури слід вживати ефективних заходів, серед яких важливим є використання таких агрозаходів, як вапнування, внесення мінеральних і органічних добрив, біопрепаратів. Після проведення вапнування підвищується рН ґрунту

і знижується рухливість кадмію, цинку, міді, свинцю та інших металів. рН ґрунту вважається ключовим чинником, що контролює рухомість важких металів у ґрунті, а отже, і їх поглинання рослинами [1]. Застосування органічних добрив впливає на доступність важких металів у ґрунті. Гумінові кислоти створюють міцні орґано-мінеральні комплекси і впливають на зниження поглинання важких металів рослинами [18]. Застосування кальцієвих та органічних добрив є альтернативою, що дає змогу зменшити підкислення ґрунту та збільшити вміст органічної речовини, впливає на кількість біомаси кукурудзи та рухомість важких металів [19]. Внесення фосфорних добрив може сприяти утворенню важкорозчинних фосфатів важких металів у ґрунті. Застосування мікробіологічних препаратів завдяки мікробіологічній іммобілізації сприяє переведенню металів у біологічно інертні форми [20; 21].

Отже, дослідження впливу агротехнічних заходів на продуктивність кукурудзи на зерно на ґрунтах забруднених важкими металами є важливим для забезпечення продовольчої безпеки, захисту навколишнього середовища і відтворення родючості ґрунтів.

Матеріали та методи досліджень. У 2021–2025 рр. дослідження проводили у полігонному моніторингу в умовах Правобережного Лісостепу на дослідному полі ННЦ «ІЗ НААН» (Фастівський р-н, Київська обл., с. Гатне, (50.340565°N, 30.407150°E)) у стаціонарному дрібноділянковому досліді закладеному в 1999 р. на сірому лісовому грубопилуватому легкосуглинковому ґрунті з аномальним насиченням екотопів свинцем, цинком і кадмієм. Облікова площа ділянки 4 м², повторність – чотириразова. Досліджували варіанти з природним фоном кислоторозчинної фракції свинцю – 10 мг/кг, цинку – 5, кадмію – 0,2 мг/кг ґрунту (фон – контроль) та варіанти зі штучно створеними фонами з перевищенням природного фону металів у 5, 10 та 100 разів. Вирощували кукурудзу на зерно (гібрид Остреч СВ). На всіх ділянках досліді вносили мінеральні добрива в дозі $N_{120}P_{90}K_{120}$, побічну продукцію кукурудзи з розрахунку 5 т/га оброблену біодеструктором, гумат у дозі 10 л/га, а також меліорант у вигляді дефекату – 3 т/га у 2020 р. Проводили передпосівну обробку насіння мікоризоутворювальним біопрепаратом – 2 л/т. У досліді застосовували різні землеробські прийоми відповідно до вимог технологічних карт вирощування культур.

Для досліджень використовували методики фізико-хімічного і хімічного аналізів, які виконували у лабораторії відділу агроєкології і аналітичних досліджень ННЦ «ІЗ НААН». У рослинах кукурудзи визначали: показники якості методом інфрачервоної спектроскопії відповідно до ДСТУ 4117:2007; уміст важких металів та мікроелементів у зерні – методом сухого озолення з наступним аналізом розчину золи атомно-абсорбційним методом (ГОСТ 30178-96).

Статистичну обробку даних виконували за допомогою стандартних комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2010.

Під час закладання досліду ґрунт характеризувався близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину ($\text{pH}_{\text{сол.}} - 5,6$), низьким умістом гумусу (1,65 %), дуже низьким – легкогідролізного азоту (85,1 мг/кг), високим – рухомих сполук фосфору (162,0 мг/кг) та підвищеним – калію (120,0 мг/кг).

Аналіз погодних умов вегетаційного періоду 2021–2025 рр. свідчить про відхилення температурного режиму і кількості опадів від середньобогатірічних норм, що могло впливати на ріст і розвиток рослин кукурудзи. Загалом вегетаційний період вирощування кукурудзи за всі досліджувані роки характеризувався вищими за норму на 0,9–1,5°C температурами повітря. Кількість опадів за вегетаційний період на початку вегетації у травні–червні була в середньому на 16,2–37,2 мм, а у 2023 р. – на 23,6 та 64,6 мм меншою від багаторічної норми. У липні – серпні кількість опадів часто перевищувала норму, проте вони мали зливовий характер. Подальше зростання середньорічних значень температури повітря та екстремальних погодних умов може становити значну загрозу для світового сільського господарства, впливаючи на врожайність сільськогосподарських культур і продовольчу безпеку. Такі кліматичні чинники, як температура, опади, тривалість сонячного освітлення можуть істотно впливати на фенологію, врожайність і загальний стан рослин кукурудзи. За даними дослідників тепловий стрес є однією з лімітувальних змінних, яка істотно впливає на ріст кукурудзи та вміст поживних речовин на різних стадіях її розвитку [22]. Втім кукурудза може адаптуватися до широкого діапазону кліматичних умов, генетичні адаптації дають можливість їй підтримувати продуктивність і стійкість у різних умовах навколишнього середовища. Такі особливості, як глибока коренева система, осмотична адаптація та

активність антиоксидантних ферментів, допомагають кукурудзі витримувати посуху [23].

Результати та їх обговорення. Підвищена концентрація важких металів у ґрунті може мати негативний вплив на врожайність та якість зернових культур і є серйозною проблемою для світового продовольства [24]. Науковці у своїх дослідженнях відмічають, що агротехнічні заходи (внесення органічних і мінеральних добрив, біочару, вапнування, сидерація) відіграють важливу роль у підвищенні продуктивності кукурудзи на ґрунтах, забруднених важкими металами. Їх застосування сприяє іммобілізації важких металів, зниженню їх біодоступності для рослин, покращанню агрохімічних властивостей ґрунту, що забезпечує підвищення врожайності кукурудзи [25; 26].

У наших дослідженнях в умовах стабільного техногенного забруднення свинцем, кадмієм, цинком застосування біологічних препаратів (гумату і комплексного мікоризоутворювального препарату з властивостями детоксиканта) як окремо, так і за сумісного поєднання на фоні післядії вапнування, а також внесення побічної продукції рослинництва з додаванням біодеструктора та мінеральних добрив забезпечило урожайність зерна у середньому за 2021–2025 рр – 6,7–8,4 т/га (табл. 1). Статистичний аналіз засвідчив, що у середньому за 2021–2025 рр. урожайність кукурудзи на зерно характеризувалася незначною мінливістю. За величини коефіцієнта варіації (V) – 6,8 %, амплітуда коливань становила 1,7 т/га (від 6,7 до 8,4 т/га), середньоквадратичне відхилення – 0,5, похибка середнього значення – 0,1 т/га.

Відмічено позитивний вплив застосування гумату і комплексного мікоризоутворювального препарату на врожайність зерна кукурудзи в умовах забрудненості ґрунту політантами. За внесення їх як окремо, так і за сумісного поєднання, цей показник був вищим порівняно з варіантом без внесення біопрепаратів (контролем) на 0,3–0,6 т/га на природному фоні, на 0,4–0,6 т/га – за перевищення фону важких металів у 5 разів, на 0,2–0,8 т/га – 10 разів і на 0,3–0,5 т/га – 100 разів. Сумісне застосування гумату і комплексного мікоризоутворювального препарату забезпечило найвищу врожайність зерна кукурудзи 7,2–8,4 т/га не залежно від вмісту важких металів у ґрунті.

Внесення біологічних препаратів не мало значного впливу на показники якості зерна кукурудзи, але

Таблиця 1. Урожайність і показники якості зерна кукурудзи в умовах забруднення сірого лісового ґрунту важкими металами, середнє за 2021–2025 рр.

Варіант досліді		Урожайність, т/га	Протеїн	Крохмаль	Жир
			на суху речовину, %		
Природний фон важких металів (контроль)	1	7,8	9,2	73,3	4,30
	2	8,1	9,1	73,9	4,35
	3	8,3	9,4	73,7	4,26
	4	8,4	9,8	73,4	4,29
Перевищення фону важких металів у 5 разів	1	7,5	8,9	74,0	4,32
	2	7,9	8,7	74,5	4,32
	3	8,1	8,8	74,4	4,29
	4	8,1	9,3	73,7	4,30
Перевищення фону важких металів у 10 разів	1	7,3	8,3	74,5	4,28
	2	7,5	9,2	74,1	4,29
	3	8,0	9,3	73,9	4,41
	4	8,1	8,5	74,2	4,34
Перевищення фону важких металів у 100 разів	1	6,7	8,3	74,1	4,24
	2	7,0	8,2	74,3	4,24
	3	7,1	8,8	73,8	4,24
	4	7,2	8,6	74,1	4,26
$\bar{X} \pm S\bar{x}$		7,7 $\pm$ 0,1	8,9 $\pm$ 0,1	74,0 $\pm$ 0,1	4,29 $\pm$ 0,01
$V, \%$		6,8	5,1	0,5	1,07
S		0,5	0,4	0,4	0,05
HP_{05}		0,4	0,3	0,3	0,03

Примітка. 1 – без біопрепаратів (контроль); 2 – мікоризоутворювальний біопрепарат; 3 – гумат; 4 – мікоризоутворювальний біопрепарат + гумат.

простежувалася тенденція до підвищення значень вмісту протеїну. Варіювання показників вмісту протеїну, крохмалю і жиру відповідало незначному рівню. Уміст протеїну в усіх варіантах досліді становив від 8,2 до 9,8 %, крохмалю – 73,3–74,5 %, а рослинної олії – 4,24–4,41 %. Саме вміст крохмалю є важливим для отримання біоетанолу. За стандартом США зерно кукурудзи придатне для переробки в біоетанол має містити крохмаль не менше 72,0–75,3 %, а протеїну до 8,0–10,4 % на суху речовину [27].

Важливо відмітити, що за жодного передбаченого у досліді забрудненого поллютантами агроєкотопу не спостерігали перевищення вмісту цинку в зерні кукурудзи (табл. 2).

Варіабельність вмісту цинку та кадмію відзначалась найвищою мінливістю з відповідними коефіцієнтами варіації 22,7 і 26,2 %, а вміст свинцю характеризувався незначним рівнем варіювання ($V=9,5 \%$). Уміст кадмію та свинцю у зерні як за контролю

(природний фон металу), так і за 5-, 10- та 100-разового перевищення природного фону в ґрунті становили відповідно 0,06–0,13 мг/кг та 0,6–0,9 мг/кг, що не відповідало гранично допустимій концентрації (ГДК) – 0,10 мг/кг і 0,5 мг/кг для продовольчого зерна кукурудзи, але за нормативами щодо кормової сировини (ГДК – 0,30 мг/кг та 5,0 мг/кг) зерно може бути використане для кормових і технічних цілей, зокрема для виробництва біоетанолу.

Здатність кукурудзи зберігати господарську цінність зерна навіть за 100-разового перевищення фону забруднення ґрунту цинком, свинцем і кадмієм зумовлена специфічними фізіологічними бар'єрами цієї культури, хоча фітотоксична дія важких металів пригнічує ріст рослини. Основна кількість важких металів акумулюється в кореневій системі та нижніх частинах стебла. Рослина блокує пересування іонів металів через ендодерму кореня. Метали зв'язуються в клітинних стінках або вакуолях корневих

Таблиця 2. Уміст кадмію, свинцю, цинку в зерні кукурудзи залежно від фону забруднення агроєкотопу полютантами, середнє за 2021–2025 р., мг/кг

Варіант досліджу		Кадмій	Свинець	Цинк
Природний фон важких металів (контроль)	1	0,06	0,7	9,6
	2	0,06	0,6	9,1
	3	0,06	0,7	8,5
	4	0,06	0,6	9,2
Перевищення фону важких металів у 5 разів	1	0,08	0,7	10,8
	2	0,07	0,7	9,8
	3	0,07	0,6	9,5
	4	0,08	0,7	9,6
Перевищення фону важких металів у 10 разів	1	0,13	0,7	11,9
	2	0,10	0,7	10,9
	3	0,10	0,7	11,6
	4	0,12	0,7	11,1
Перевищення фону важких металів у 100 разів	1	0,13	0,7	15,4
	2	0,10	0,7	15,6
	3	0,11	0,9	15,7
	4	0,08	0,8	15,6
$\bar{X} \pm S\bar{x}$		0,09±0,01	0,7±0,02	11,5±0,6
V, %		26,21	9,5	22,7
ГДК: зерно продовольче		0,10	0,50	50,0
зерно на корм [ДСТУ 4525:2006]		0,30	5,00	50,0

Примітка. 1 – без біопрепаратів (контроль); 2 – мікоризоутворювальний біопрепарат; 3 – гумат; 4 – мікоризоутворювальний біопрепарат + гумат.

клітин, що обмежує їх надходження у провідні судини. Зерно є найбільш захищеною частиною рослини. Незважаючи на зниження врожайності, якість зерна залишається в межах допустимих норм для кормових і технічних цілей (виробництво біоетанолу) завдяки тому, що нормативи до вмісту важких металів менш вимогливі, ніж до харчових продуктів. Однак, перед використанням такого зерна на корм тваринам обов'язковим є лабораторний контроль. Під час переробки кукурудзи на біоетанол або технічний спирт важкі метали залишаються в барді.

Висновки

Встановлено, що в умовах стабільного техногенного забруднення сірого лісового ґрунту свинцем від 50 до 1000 мг/кг, кадмієм від 1,0 до 20 мг/кг, цинком

від 25 до 500 мг/кг, за беззмінного вирощування кукурудзи на зерно та застосування біологічних препаратів (гумату і комплексного мікоризоутворювального препарату з властивостями детоксиканта) як окремо, так і за сумісного поєднання на фоні післядії вапнування, а також внесення побічної продукції рослинництва з додаванням біодеструктора та мінеральних добрив можна отримати не продовольче зерно, але придатне для кормових і технічних цілей (виробництва біоетанолу) з урожайністю у середньому за 2021–2025 рр. – 6,7–8,4 т/га. Сумісне застосування гумату і комплексного мікоризоутворювального препарату забезпечило найвищу врожайність зерна кукурудзи 7,2–8,4 т/га не залежно від вмісту важких металів у ґрунті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wan, Y., Liu, J., Zhuang, Z., Wang, Q., & Li, H. (2024). Heavy Metals in Agricultural Soils: Sources, Influencing Factors, and Remediation Strategies. *Toxics*, 12(1), 63. <https://doi.org/10.3390/toxics12010063>.
2. Rashid, A., Schutte, B.J., Ulery, A., Deyholos, M.K., Sanogo, S., Lehnhoff, E.A., & Beck, L. (2023). Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil: Environmental Pollutants Affecting Crop Health. *Agronomy*, 13(6), 1521. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061521>.

3. Zheng, Sh., Wang, Q., Yuan, Y., & Sun, W. (2020). Human health risk assessment of heavy metals in soil and food crops in the Pearl River Delta urban agglomeration of China, *Food Chemistry*, 316, 126213, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126213>.
4. Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals – Concepts and applications, *Chemosphere*, 91(7), 869–881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
5. Jarin, A.S., Khan, M.A.R., Apon, T.A., Islam, M.A., Rahat, A., Akter, M., ... Tran, L.-S.P. (2025). Plant Responses to Heavy Metal Stresses: Mechanisms, Defense Strategies, and Nanoparticle-Assisted Remediation. *Plants*, 14(24), 3834. <https://doi.org/10.3390/plants14243834>.
6. Vareda, J.P., Valente, A.J.M., & Duraes, L. (2019). Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review. *Journal of Environmental Management*, 246, 101–118. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.126>.
7. Raklami, A., Meddich, A., Oufdou, K., & Baslam, M. (2022). Plants—Microorganisms-Based Bioremediation for Heavy Metal Cleanup: Recent Developments, Phytoremediation Techniques, Regulation Mechanisms, and Molecular Responses. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 5031. <https://doi.org/10.3390/ijms23095031>.
8. Балюк, С.А., Воротинцева, Л.І., & Ладних, В.Я. (2014). Заходи з детоксикації забруднених ґрунтів та зменшення транслокації важких металів в сільськогосподарські культури. ТОВ «Смугаста типографія».
9. Самохвалова, В.Л., Фатєєв, А.І., Зуза, С.Г. Погромська, Я.А., Зуза, В.О., Панасенко, Є.В., & Горпинченко, П.Ю. (2015). Фіторе mediaція техногенно забруднених ґрунтів. *Агроекологічний журнал*, 1, 92–100. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2015.272192>.
10. Цицюра, Я.Г., Шкатула, Ю.М., Забарна, Т.А., & Пелех, Л.В. (2022). Інноваційні підходи до фіторе mediaції та фіторекультивації у сучасних системах землеробства: монографія. ТОВ «Друк». URL:<https://repository.vsau.org/getfile.php/31038.pdf>.
11. Fässlner, E., Robinson, B.H., Gupta, S.K., & Schulin, R. (2010). Uptake and allocation of plant nutrients and Cd in maize, sunflower and tobacco growing on contaminated soil and the effect of soil conditioners under field conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 87(3), 339–352. <https://doi.org/10.1007/s10705-009-9342-z>.
12. Паламарчук, В.Д., & Колісник, О.М. (2022). Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічно безпечного розвитку сільських територій: монографія. Друкарня «Друк».
13. El-Sappah, A.H., Rather, S.A., Wani, S.H., El-ryys, A.S., Bilal, M., Huang, Q., ... Abbas, M. (2022). Heat Stress-Mediated Constraints in Maize (*Zea mays*) Production: Challenges and Solutions. *Front. Plant Sci.*, 13, 23. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.879366>.
14. Соколік, С.П. (2016). Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біотоплива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*, 173, 168–176. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2016_173_25.
15. Ahmed, S., Iqbal, M., Ahmad, Z., Iqbal, M. A., Artyszak, A., Sabagh, A.E.L., Alharby, H.F., & Hos-sain, A. (2023). Foliar application of silicon-based nanoparticles improve the adaptability of maize (*Zea mays* L.) in cadmium contaminated soils. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 30, 41002–41013. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25189-0>.
16. Xu, W., Lu, G., Dang, Z., Liao, C., Chen, Q., & Yi, X. (2013). Uptake and Distribution of Cd in Sweet Maize Grown on Contaminated Soils: A Field-Scale Study. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 1, 8. <https://doi.org/10.1155/2013/959764>.
17. Cheng, S.-F., Huang, C.-Y., Lin, Y.-C., Lin, S.-C., & Chen, K.-L. (2015). Phytoremediation of lead using corn in contaminated agricultural land—An in situ study and benefit assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 111, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.09.024>.
18. Horuz, A., Karaman, M. R. & Gulluce, M. (2015). Effect of humic acid application on the reduction of cadmium concentration in lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(10), 3141–3147.
19. Gondek, K. & Mierzwa-Hersztek, M. (2023). Effect of soil supplementation with mineral-organic mixtures on the amount of maize biomass and the mobility of trace elements in soil. *Soil and Tillage Research*, 223, 105558. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105558>.
20. Teng, Z.D., Shao, W., Zhang, K.Y., Huo, Y.Q., & Li, M. (2019). Characterization of phosphate solubilizing bacteria isolated from heavy metal contaminated soils and their potential for lead immobilization.

- J. Environ. Manag.*, 231, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.012>.
21. Han, H., Sheng, X.F., Hu, J.W., He, L.Y., & Wang, Q. (2018). Metal-Immobilizing *Serratia liquefaciens* CL-1 and *Bacillus thuringiensis* X30 increase biomass and reduce heavy metal accumulation of radish under field conditions. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 161, 526–533. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.033>.
22. Li, T., Zhang, X.-p., Liu, Q., Liu, J., Chen, Y.-q., & Sui, P. (2022). Yield penalty of maize (*Zea mays* L.) under heat stress in different growth stages: A review. *J. Integr. Agric.*, 21 (9), 2465–2476. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.07.013>.
23. Tang, H., Zhang, L., Xie, X., Wang, Y., Wang, T., & Liu, C. (2025). Resilience of Maize to Environmental Stress: Insights into Drought and Heat Tolerance. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(11), 5274. <https://doi.org/10.3390/ijms26115274>.
24. Vasilachi, I. C., Stoleru, V., & Gavrilescu, M. (2023). Analysis of Heavy Metal Impacts on Cereal Crop Growth and Development in Contaminated Soils. *Agriculture*, 13(10), 1983. <https://doi.org/10.3390/agriculture13101983>.
25. Seleiman, M. F., & Kheir, A. M. S. (2018). Maize productivity, heavy metals uptake and their availability in contaminated clay and sandy alkaline soils as affected by inorganic and organic amendments. *Chemosphere*, 204, 514–522. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.073>.
26. Boros-Lajszner, E., Wyszowska, J. & Kucharski, J. (2025). Phytoremediation properties of maize grown on heavy metal-contaminated soil and stimulated with biochar. *Environ Sci Pollut Res*, 32, 23361–23377. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-37034-7>.
27. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г., & Григорюк І.П. (2010). Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива. Аграр Медіа Груп.

Davydiuk H.V., Klymenko I.I., Shkarovskaya L.I., Dovbash N.I., Hirnyk V.V., Kushchuk M.A.

The effect of agronomic practices on the yield of grain corn grown on gray forest soil contaminated with heavy metals

Aim. To determine the effect of agronomic practices on yield, grain quality, and the accumulation of zinc, lead, and cadmium in corn grown on gray forest soil contaminated with heavy metals. **Methods.** Plot monitoring, field experiments, laboratory analysis, and statistical analysis. **Results.** On average for 2021–2025, grain maize yield showed slight variability. Based on the coefficient of variation (*V*) of 6.8%, the range of variation was 1.7 t/ha (from 6.7 to 8.4 t/ha). A positive effect of applying humate and a complex mycorrhiza-forming preparation on corn grain yield was observed under conditions of soil contamination with pollutants. When applied either individually or in combination, this yield was 0.3–0.6 t/ha higher than in the treatment without bio-preparations (control) under natural conditions, by 0.4–0.6 t/ha when heavy metal levels exceeded the background by 5 times, by 0.2–0.8 t/ha when exceeded by 10 times, and by 0.3–0.5 t/ha when exceeded by 100 times. The implementation of the proposed agronomic measures did not have a significant effect on corn grain quality indicators. The content of zinc, lead, and cadmium did not exceed the MPC for feed purposes. **Conclusions.** It has been established that, under conditions of persistent anthropogenic contamination of gray forest soil with heavy metals, the application of agronomic measures (periodic liming, the application of byproducts treated with a biodestructor, humate, and seed treatment with a complex mycorrhizal preparation with detoxifying properties) under continuous corn cultivation for grain allows for the production of non-food grain suitable for feed and industrial purposes (bioethanol production) with a yield of 6.7–8.4 t/ha. The combined application of humate and a complex mycorrhizal preparation yielded the highest corn grain yield of 7.2–8.4 t/ha, regardless of the heavy metal content in the soil.

Key words: anthropogenic pressure, soil contamination, phytoremediation, yield, protein.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Давидюк Г.В., канд. с.-г. наук, с.н.с., завідувач відділу агроекології і аналітичних досліджень Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3877-2837.

Шкарівська Л.І., канд. с.-г. наук, с.н.с., провідний науковий співробітник відділу агроекології і аналітичних досліджень Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua, ORCID: 0000-0002-4928-3238.

Клименко І.І., канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник відділу агроекології і аналітичних досліджень Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: Ira_Klimenko@i.ua, ORCID: 0000-0001-9449-7377.

Довбаш Н.І., канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник відділу агроекології і аналітичних досліджень Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: Nadezda_D@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4741-2657.

Гірник В.В., науковий співробітник відділу агроекології і аналітичних досліджень Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: Girvik65@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4256-6857.

Кушук М.А., науковий співробітник відділу агроекології і аналітичних досліджень ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: marinakushyk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3956-4423.

Davydiuk H.V., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Head of the Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3877-2837.

Shkarivska L.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Leading Researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua, ORCID: 0000-0002-4928-3238.

Klymenko I.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher Officer, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Ira_Klimenko@i.ua, ORCID: 0000-0001-9449-7377.

Dovbash N.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher Officer, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Nadezda_D@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4741-2657.

Hirnyk V.V., researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Girvik65@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4256-6857.

Kushchuk M.A., researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: marinakushyk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3956-4423.

Надійшла 10.02.2026

Прийнята до друку 15.04.2026

Опубліковано червень 2026

ПОРІВНЯЛЬНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР В 5-ПІЛЬНІЙ СІВОЗМІНІ В ПОЧАТКОВИЙ ПЕРІОД ЗАСТОСУВАННЯ NO-TILL

О.В. Демиденко, В.В. Расевич, Н.М. Тетерещенко, Н.В. Шагурська

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»
(с. Холодненьське, Черкаський р-н, Черкаська обл., Україна)

Мета. Провести порівняльну оцінку урожайності сільськогосподарських культур в 5-пільній зерновій сівозміні за застосування *no-till* після оранки (5 років) та поверхневого обробітку (5 років) порівняно з систематичною оранкою та систематичним поверхневим обробітком (10 років) на чорноземі опідзоленому в Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Загальноприйняті – польовий, лабораторний, математичний, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** За оранки на контролі без добрив у середньому за 2021–2025 рр. продуктивність становила 3,62 т/га зерна усіх культур у сівозміні, що відповідало виходу 5,04 т/га зернових одиниць (з.о.). За поверхневого обробітку продуктивність за збором зерна і виходом зернових одиниць була меншою на 0,11 т/га та 0,16 т/га, а за *no-till* – на -0,37 т/га та -0,53 т/га (по оранці) і -0,26 т/га та -0,40 т/га (по поверхневому обробітку). За внесення одинарної дози добрив продуктивність сівозміни зросла за оранки до 4,11 т/га (6,09 т/га з. о.), поверхневого обробітку – до 4,01 т/га (5,95 т/га з. о.), за *no-till* – до 3,59 т/га (5,32 т/га) та 3,57 т/га (4,96 т/га з. о.) відповідно по оранці та поверхневому обробітку. Внесення подвійної дози добрив забезпечувало зростання урожайності: до 4,42 т/га (6,58 т/га з. о.) – за оранки, до 4,33 т/га (6,49 т/га з. о.) – за поверхневого обробітку, до 3,81–3,82 т/га (5,67–5,72 т/га з. о.) – за *no-till*. **Висновки.** В умовах Правобережного Лісостепу реалізація ефективної родючості чорнозему опідзоленого в 5-пільній сівозміні за виходом зернових одиниць за систематичної оранки та поверхневого обробітку досягає рівня 4,67–4,82 т/га, тоді як за *no-till* реалізація агропотенціалу знижується на 12,7–13,5%. При переході на *no-till* після оранки в початковий період зниження агропотенціалу досягає 13,5%, а при переході на *no-till* після поверхневого обробітку – на 9,9%, що в 1,35 раза більш ефективно. У початковий період зниження рівня ефективної родючості за виходом зернових одиниць становило 12,7–13,5% відносно оранки і поверхневого обробітку. За поверхневого обробітку впродовж 10 років рівень ефективної родючості відносно обранки був нижчим на 3,1%.

Ключові слова: оранка, поверхневий обробіток, урожайність, горох, ячмінь ярий, пшениця озима та яра, соя.

Вступ. Сучасну систему землеробства *no-till*, яку іноді ще називають системою нульового обробітку ґрунту, доволі обґрунтовано відносять до вагомих здобутків агрономічної науки другої половини ХХ ст. За останніми даними, обсяги застосування технології *no-till* у світі перебувають у межах 105 млн га. На частку Європейського континенту, включно зі східною його частиною, припадає 2,5–3%. Щороку площі під *no-till* зростають приблизно на 1 млн га [1], і темпи цього зростання є дуже високими, часто, перевищуючи зазначене зростання на рік. Важливим аргументом на користь упровадження нової системи

землеробства є її значний ґрунтозахисний ефект, що пов'язано саме з мульчею, яка захищає поверхню ґрунту від дії екстремального поверхневого стоку й сильних вітрів та істотно зменшує ерозійні втрати ґрунту, особливо за тривалого використання цієї технології [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Агротехнічні прийоми використовуються за традиційної та мінімальної систем обробітків ґрунту. Повна відмова від будь-якого порушення ґрунту (окрім випадку з робочими органами сівалки) призводить до зростання щільності складання чорнозему: згідно з деякими

даними на ранніх етапах становлення системи *no-till* (у перші 510 років) спостерігається зростання щільності ґрунту [3; 4].

Численними дослідженнями встановлено високу ефективність технології *no-till* у боротьбі з ерозією ґрунту [5; 6], поліпшенні властивостей і підвищенні родючості ґрунту [7], зростанні врожайності оброблюваних культур [8] і збільшенні економічної ефективності рослинництва [9]. В організаціях, що працюють за технологією *no-till*, ґрунт надійно захищений від усіх видів ерозії, що в поєднанні з застосуванням великих доз добрив забезпечує не тільки збереження, але й поліпшення родючості ґрунту [10; 11]. Результати вітчизняних і зарубіжних досліджень показують, що за впровадження мінімальної та нульової технологій, порівняно з оранкою, практично на всіх досліджуваних типах ґрунтів спостерігається не тільки підвищення показників економічної та енергетичної ефективності, але й поліпшення фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту та більшому накопиченню та кращому збереженню води в необроблюваному ґрунті [12–16].

Загалом урожайність за прямого посіву, порівняно з оранкою та довгостроковим поверхневим обробітком, в перші роки значно знижується. До 6-7-го року проявляється тенденція поступового скорочення різниці, а до 9-го року застосування *no-till* відзначено навіть деяку його перевагу. Ця тенденція відповідає світовому досвіду ведення землеробства за технологією прямого посіву – *no-till* [17–19]. Згідно з даними різних дослідників, *no-till* стабілізує врожайність за роками [20; 21], а для реалізації потенціалу необхідно не менше 5-6 років [22; 23]. Швидкість позитивної реакції на *no-till* пов'язують з кількістю органічної речовини, що надходить, яка впливає на накопичення органічної речовини та поліпшення властивостей ґрунту [23]. Позитивний відгук врожайності та поліпшення агрофізичних властивостей за часом приблизно збігаються. На початковому етапі застосування *no-till*, а це до 5 років від початку застосування, відзначаються негативні зміни. Потім, у більшості випадків, намічається тенденція до поступового скорочення різниці в стані агрофізичних властивостей та врожайності обробленого і необробленого чорнозему, які до 7-8-го року часто практично не відрізняються [24]. Отримання стабільно високих і якісних врожаїв зерна, як і раніше, є одним з найважливіших завдань сучасного землеробства Правобережного Лісостепу України [25; 26].

Теоретичною основою мінімізації обробітку ґрунту є положення сільськогосподарської науки про вплив людини і природних факторів на ґрунтові процеси, родючість ґрунту і вимоги культурних рослин до ґрунтового середовища. Наукою встановлено, що надмірна інтенсивність обробітку прискорює розклад гумусу в ґрунті, призводить до збільшення втрат поживних речовин, розпилювання ґрунту, зростання загрози ерозії. В умовах різного зволоження на ґрунтах однієї й тієї самої відміни параметри оптимальної щільності будови для окремих сільськогосподарських культур змінюються. За даними В.В. Медведєва [1; 10] у роки з нормальним і недостатнім зволоженням на чорноземних ґрунтах оптимальна об'ємна маса орного шару для ячменю становить 1,20–1,25 г/см³, а в роки з підвищеним зволоженням – 1,10–1,21 г/см³, що відповідає умовам, коли оптимальна щільність відповідає рівноважному стану. За високої забезпеченості рослин елементами живлення зменшується негативний вплив щільності будови ґрунту на врожай сільськогосподарських культур, що дає підставу застосовувати мінімальний обробіток та *no-till* на чорноземах опідзоленій Правобережного Лісостепу України.

Мета. Провести порівняльну оцінку урожайності сільськогосподарських культур в 5-пільній зерновій сівозміні при застосуванні *no-till* після оранки (5 років) та поверхневого обробітку (5 років) порівняно з систематичною оранкою та систематичним поверхневим обробітком (10 років) на чорноземі опідзоленому в Правобережному Лісостепу України.

Умови та методика проведення досліджень. Дослідження проводились на експериментальній базі Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» в умовах польового стаціонарного дослідження, який закладено в 2010 р. Ґрунтовий покрив поля – чорнозем опідзолений сильнореґрадований малогумусний середньосуглинковий на карбонатному лесі. Уміст гумусу в орному горизонті 2,58 – 3,08% з глибиною він поступово зменшується і на глибині одного метра становить 0,96%. П'ятипільна зерно-просапної сівозміна: ячмінь ярий–горох–пшениця озима–соя–пшениця яра. Структура сівозміна: Зернові – 60%, в. т. ч.: озима пшениця – 20%; ярі колосові – 40%; зерно бобові (горох) – 20%; технічні (соя) – 20%. Система удобрення: контроль без добрив, N₅₅P₅₅K₆₅, N₇₅P₆₅K₈₂ на гектар сівозмінної площі.

Способи обробітку ґрунту:

1 – Систематична оранка – на 22–25 см (під озиму пшеницю мінімальний обробіток);

2 – Система нульового обробітку (5-й рік виконання) по систематичній оранці на 22–25 см;

3 – Система нульового обробітку по фону (5-й рік виконання) поверхневого обробітку на 10–12 см (5 років);

4 – Поверхневий обробіток на 10–12 см (10 років).

Сучасний період дослідження водного режиму базувався на: ДСТУ ISO 16586:2005. Якість ґрунту. Визначення об'ємної вологості ґрунту за відомою щільністю складання на суху масу. Гравіметричний метод. (ISO 16586:2003, IDT); ДСТУ ISO 15709:2004. Якість ґрунту. Ґрунтова волога та ненасичена зона. Визначення, позначення та теорія. (ISO 15709:2002, IDT). Періодичність спостережень за режимом зволоження – в холодний період року з листопада по березень один раз за місяць. Аналізувалися дані метеорологічних параметрів, які отримані на метеостанції м. Сміла. Комплекс метеоданих представлений по роках помісячно: сума атмосферних опадів, середньомісячна температура повітря. Результати польових досліджень піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу з використанням статистичних методів: дисперсний та метод непараметричної статистики. Узагальнення результатів досліджень проводили за допомогою програми STATISTICA-10.

У період 2021–2025 рр. середньомісячна температура повітря перевищувала норму на +1,1 °С за амплітудного розмаху $\Delta_a = +3,7$ °С та коефіцієнта варіації температури 74,5% (табл. 1). За квітень – травень середньомісячна температура повітря становила +12,3 °С, що вище за норму на +0,5 °С. Середня температура повітря в літній період перевищувала норму на +1,3 °С, досягаючи максимального значення в липні (+24,9 °С) та серпні (+22,8 °С), що вище норми на +3,6 °С та +2,4 °С. Амплітудний розмах становив $\Delta_a = +2,5$ –4,3 °С, що забезпечило коефіцієнт варіації на рівні 4,6–7,1%. Середня температура повітря у вересні становила +16,4 °С, що перевищувало норму на +1,6 °С, а за максимальним значенням (+20,1 °С) – на +5,3 °С (табл.1).

В окремі періоди спостережень сума атмосферних опадів за максимальним значенням становила 283 мм, що вище норми на 100 мм. За мінімальним значенням (min = 117 мм) опадів відносно норми випадало менше на 66 мм. Амплітудний розмах опадів становив $\Delta_a = 166$ мм, а коефіцієнт варіації опадів за холодний період року становив 32,3%. За квітень – травень кількість атмосферних опадів становила 90,2 мм, що нижче за норму на 3,8 мм. За максимальним значенням кількість опадів досягала 161 мм (табл. 1).

Таблиця 1. Кліматичні параметри по Смілянському дослідному полю за період проведення досліджень за 2021–2025 рр.

Роки	За XI-III	Кліматичні параметри по періодам року						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	За IV- IX
Атмосферні опади, мм								
2021	184	30,0	99,0	62,0	59,0	52,0	45,0	376
2022	160	40,0	27,0	48,0	47,0	48,0	80,0	316
2023	171	94,0	2,00	16,0	122	54,0	7,0	357
2024	283	14,0	16,0	22,0	8,00	6,00	0,00	66,0
2025	117	30,0	99,0	12,0	49,0	24,0	20,4	234
2021–2025	177	40,0	50,0	30,0	52,0	31,0	33,0	263
Норма	183	36,0	58,0	73,0	64,0	49,0	56,0	372
± до норми	–6,0	+4,0	–8,0	–43,0	–12,0	–18,0	–23,0	–109
Середньомісячна температура повітря, t°С								
2021	–0,4	+7,4	+14,7	+20,1	+23,6	+21,0	+13,1	+15,3
2022	+1,2	+8,7	+14,5	+20,5	+20,6	+22,3	+13,2	+15,7
2023	+1,7	+9,7	+16,1	+19,9	+21,3	+22,5	+17,9	+17,0
2024	+2,4	+13,6	+15,6	+21,8	+24,9	+22,8	+20,1	+19,8
2025	+1,8	+10,6	+14,1	+19,4	+23,2	+20,3	+16,3	+16,2
2021–2025	+1,7	+9,8	+14,7	+20,6	+22,6	+21,7	+16,4	+16,6
± до норми	+1,1	0	–1,0	+1,2	+1,9	+1,3	+1,6	+0,9
Норма	–0,6	+9,8	+15,7	+19,4	+21,3	+20,4	+14,8	+15,7

Середня кількість атмосферних опадів за холодний період року (XI–III) становила 176,5 мм, що менше за норму на 6,7 мм. Кількість опадів у літній період за середнім значенням становила 112,8 мм, що менше за норму на 73 мм. За максимальним значенням у червні кількості опадів була меншою за норму на 11 мм, а в липні та серпні опадів було більше на 58 мм та 5 мм. Середня кількість опадів у вересні становила 33,1 мм, що менше за норму на 22,9 мм. За період вегетації культур (IV–IX) у середньому випадало 262,8 мм опадів, що менше за норму на 109 мм, за максимальним значенням опадів було 376 мм, а за мінімальним – 66 мм. За багаторічними спостереженнями ГТК (гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим) за квітень – червень та вересень він становив ГТК = 1,13–1,27 (достатньо вологі умови), тоді як добре зволожені умови були в квітні – травні (ГТК = 1,09–1,25), а в червні та серпні склалися умови сильної посухи (ГТК = 0,51–0,55), а в липні та вересні умови були з середньою посухою (ГТК = 0,67–0,72). За середньобагаторічними спостереженнями за липень – серпень склалися умови

слабкої посухи (ГТК = 0,80–0,89), а у вересні умови були на рівні доброго зволоження (ГТК = 1,14). Загалом за період вегетації умови зволоження характеризувалися як слабопосушливі (ГТК = 0,85).

Результати та їх обговорення. На врожайність усіх без винятку сільськогосподарських культур вирішальне значення мають ґрунтово-кліматичні характеристики регіону та метеорологічні умови вегетаційного періоду і не менш важливе – агротехнічні прийоми: підбір культури, терміни і способи посіву, використання засобів захисту рослин і регуляторів росту та забезпечення елементами мінерального живлення [27; 28]. Середня урожайність пшениці озимої на контролі без добрив за 2021–2025 рр. за оранки становила 5,78 т/га, тоді як за *no-till* вона була нижчою на 0,25–0,30 т/га. За поверхневого обробітку урожайність зерна була на рівні оранки (табл. 2). За внесення одинарної дози добрив урожайність зерна за оранки становила 6,75 т/га, поверхневого обробітку – 6,58 т/га, а за *no-till* – 5,97–6,05 т/га. Приріст відносно контролю без внесення добрив становила +1,14 т/га, +0,99 т/га та +0,69–0,72 т/га відповідно

Таблиця 2. Вплив різних способів обробітку та удобрення на урожайність гороху та пшениці озимої в 5-типільній сівозміні за 2021–2025 рр.

Удобрєння	Горох			Пшениця озима		
	Урожайність, т/га	Приріст, т/га		Урожайність, т/га	Приріст, т/га	
		NPK	обробітку		NPK	обробітку
Оранка						
Без добрив	2,61	–	–	5,78	–	–
1д	3,02	0,41	–	6,78	+1,00	–
2д	3,40	0,79	–	7,23	+1,45	–
No-till після оранки 5 років						
Без добрив	2,44	–	–0,17	5,13	–	–0,65
1д	2,75	0,31	–0,27	5,98	+0,85	–0,80
2д	3,12	0,68	–0,28	6,21	+1,00	–1,02
Поверхневий обробіток 10 років						
Без добрив	2,56	–	–0,05	5,65	–	–0,13
1д	2,97	0,41	–0,17	6,66	+1,01	–0,11
2д	3,31	0,75	–0,09	7,10	+1,45	–0,13
No-till по поверхневому обробітку 5 років						
Без добрив	2,44	–	–0,17	5,24	–	–0,54
1д	2,74	0,30	–0,28	5,92	+0,68	–0,86
2д	3,18	0,74	–0,22	6,17	+0,93	–1,06
НІР _{0,5} (загальне)	0,81	–	–	0,29	–	–
НІР _{0,5} (фактор А)	–	–	0,29	–	–	0,16
НІР _{0,5} (фактор В)		0,33		–	0,15	

Примітка. 1д – N₃₀P₆₀K₆₀; 2д – N₆₀P₉₀K₉₀ (для пшениці озимої), 1д – N₃₀P₅₀K₅₀; 2д – N₄₅P₇₅K₇₅ (для гороху).

(табл. 2). Приріст урожайності зерна відносно контролю за оранки за подвійної дози добрив становив 1,62 т/га, за поверхневого обробітку +1,51 т/га, а за *no-till* +0,69–0,74 т/га, що менше в 1,72–1,86 раза та є достовірно меншою приріст урожайності від внесеної подвійної дози добрив. За сумісного впливу на урожайність обробітку і добрив поверхневий обробіток забезпечував продуктивність на рівні оранки, як на контролі, так і за одинарної дози добрив, а за *no-till* урожайність зерна пшениці була істотно нижчою порівняно з оранкою і поверхневим обробітком.

Середня урожайність гороху за 2021–2025 рр. за оранки (без внесення добрив) становила 2,66 т/га, за поверхневого обробітку – 2,66 т/га, а за *no-till* – 2,43–2,44 т/га. За внесення одинарної дози добрив приріст зерна гороху за оранки становила +0,55 т/га, поверхневого обробітку +0,52 т/га, а за *no-till* – 0,52–0,66 т/га. Приріст зерна гороху від сумісного впливу добрив і обробітку за поверхневого обробітку була

в межах статистичних значень з оранкою, як на контролі без добрив (–0,07 т/га), так і за одинарної дози (–0,10 т/га) та подвійної дози добрив (–0,23 т/га). За *no-till* по оранці на контролі без добрив та за одинарної дози добрив урожайність гороху була на рівні оранки і поверхневого обробітку, а за подвійної дози добрив урожайність була достовірно нижчою (–0,30–0,41 т/га) з $НІР_{0,5} = 0,29$ т/га. За внесення подвійної дози добрив урожайність за оранки становила 3,40 т/га, тоді як за поверхневого обробітку і *No-till* урожайність гороху була достовірно нижчою.

Урожайність ячменю ярого в середньому за 2021–2025 рр. на контролі без добрив становила 3,75 т/га, тоді як за поверхневого обробітку була на 0,17 т/га меншою, а за *no-till* – на 0,29–0,40 т/га меншою. (табл. 3). За внесення одинарної дози добрив урожайність за оранки була на рівні 4,11 т/га, тоді як за поверхневого обробітку становила 4 т/га (–0,11 т/га), що є на рівні урожайності за оранки. За *no-till* урожайність ячменю була меншою

Таблиця 3. Вплив різних способів обробітку та удобрення на урожайність ячменю ярого та пшениці ярої в 5-типільній сівозміні за 2021–2025 рр.

Удобрєння	Ячмінь ярий			Пшєниця яра		
	Урожайність, т/га	Приріст, т/га		Урожайність, т/га	Приріст, т/га	
		NPK	обробітку		NPK	обробітку
Оранка						
Бєз добрив	3,75	–	–	4,02	–	–
1д	4,11	+0,36	–	4,47	+0,45	–
2д	4,23	+0,48	–	4,69	+0,67	–
No–till після оранки 5 років						
Бєз добрив	3,46	–	–0,29	3,60	–	–0,42
1д	3,73	+0,27	–0,38	3,85	+0,25	–0,62
2д	3,85	+0,39	–0,38	3,95	+0,35	–0,74
Поверхневий обробіток 10 років						
Бєз добрив	3,58	–	–0,17	3,93	–	–0,09
1д	4,00	+0,42	–0,11	4,33	+0,40	–0,14
2д	4,08	+0,50	–0,15	4,40	+0,47	–0,29
No–till по поверхневому обробітку 5 років						
Бєз добрив	3,35	–	–0,4	3,50	–	–0,52
1д	3,55	+0,20	–0,56	3,62	+0,12	–0,85
2д	3,76	+0,41	–0,47	3,80	+0,30	–0,89
НІР _{0,5} (загальне)	0,71	–	–	0,36	–	–
НІР _{0,5} (фактор А)	–	–	0,21	–	–	0,21
НІР _{0,5} (фактор В)	–	0,18		–	0,17	

Примітка. 1д – $N_{45}P_{45}K_{45}$; 2д – $N_{60}P_{60}K_{60}$ (для ячменю ярого та пшениці ярої).

відносно оранки на 0,38–0,56 т/га. Приріст зерна ячменю відносно контролю без добрив за оранки і поверхневого обробітку становив +0,36 т/га та +0,42 т/га, тоді як за *no-till* приріст був +0,20–0,27 т/га. Середня урожайність ячменю ярого за подвійної дози добрив за оранки сягала 4,23 т/га, тоді як за поверхневого обробітку – 0,15 т/га, а за *no-till* – 0,37–0,41 т/га. Приріст зерна ячменю від внесеної подвійної дози добрив за оранки та поверхневого обробітку становила +0,48–0,50 т/га, тоді як за *no-till* – +0,39–0,41 т/га (табл. 3).

Середня урожайність пшениці ярої за 2021–2025 рр. за оранки становила 4,02 т/га, тоді як за поверхневого обробітку урожайність була меншою на 0,09 т/га, а за *no-till* – на 0,42–0,52 т/га, що є достовірно меншим. За поверхневого обробітку урожайність була достовірно однакова з оранкою. (табл. 3).

За внесення одинарної дози добрив урожайність пшениці ярої за оранки становила 4,47 т/га, тоді як за поверхневого обробітку урожайність зерна була нижчою на 0,14 т/га, що є недостовірним зниженням

урожайності. За *no-till* урожайність зерна була достовірно меншою на 0,62–0,85 т/га.

Приріст зерна відносно контролю без добрив за оранки становив +0,45 т/га, поверхневого обробітку +0,40 т/га, а за *no-till* +0,30–0,35 т/га. Незалежно від способу обробітку приріст зерна від внесених добрив був достовірним, а найвищого рівня досяг за оранки і поверхневого обробітку (табл. 3). За подвійної дози добрив середня урожайність пшениці ярої за оранки становила 4,69 т/га, тоді як за поверхневого обробітку була меншою на 0,29 т/га, що є достовірно меншим відносно оранки. За *no-till* урожайність зерна пшениці була меншою на 0,74–0,87 т/га, що також є достовірно нижчою урожайністю. Приріст зерна пшениці від внесених добрив за оранки сягала +0,67 т/га, поверхневого обробітку +0,47 т/га, за *no-till* приріст зерна був меншим у 1,9–2,2 раза відносно приросту за оранки. За одинарної дози добрив приріст за оранки становив +0,45 т/га,

Таблиця 4. Вплив різних способів обробітку та удобрення на урожайність сої та середньої урожайності в 5-пільній сівозміні за 2021–2025 рр.

Удобрєння	Со́я			У середньому по сівозміні		
	Урожайність, т/га	Приріст, т/га		Урожайність, т/га	Приріст, т/га	
		NPK	обробітку		NPK	обробітку
О́ранка						
Без добрив	1,95	–	–	3,62	–	–
1д	2,38	+0,43	–	4,15	+0,53	–
2д	2,68	+0,73	–	4,45	+0,83	–
No–till після оранки 5 років						
Без добрив	1,67	–	–0,28	3,26	–	–0,36
1д	2,02	+0,35	–0,36	3,67	+0,41	–0,48
2д	2,24	+0,57	–0,44	3,87	+0,61	–0,58
Поверхневий обробіток 10 років						
Без добрив	1,82	–	–0,13	3,55	–	–0,07
1д	2,41	+0,59	–0,03	4,09	+0,54	–0,06
2д	2,68	+0,86	0,00	4,38	+0,83	–0,07
No–till по поверхневому обробітку 5 років						
Без добрив	1,69	–	–0,26	3,25	–	–0,37
1д	2,08	+0,39	–0,30	3,58	+0,33	–0,57
2д	2,28	+0,59	–0,40	3,84	+0,59	–0,61
НІР _{0,5} (загальне)	0,44	–	–	0,35	–	–
НІР _{0,5} (фактор А)	–	–	0,16	–	–	0,18
НІР _{0,5} (фактор В)	–	0,56		–	0,31	

Примітка. 1д – N₄₅P₄₅K₄₅; 2-д – N₆₀ P₆₀ K₆₀ (для сої); 1д – N₅₅P₅₅K₆₅, 2д – N₇₅P₆₅K₈₂ (у середньому по сівозміні).

поверхневого обробітку +0,40 т/га, а за *no-till* був меншим у 1,5–1,8 рази.

За 2021–2025 рр. середня урожайність сої за оранки становила 1,95 т/га, тоді як за поверхневого обробітку була меншою на 0,13 т/га, а за *no-till* урожайність була меншою на 0,26–0,28 т/га. За поверхневого обробітку урожайність сої була на рівні оранки, а за *no-till* істотно меншою. За поверхневого обробітку урожайність була нижчою на 0,03 т/га, що є на рівні оранки, а за *no-till* урожайність була меншою на достовірному рівні (–0,30–0,36 т/га). Зростання урожайності від одинарної дози добрив було достовірним незалежно від способу обробітку, але за оранки і поверхневого обробітку приріст становив +0,43 т/га та 0,59 т/га, тоді як за *no-till* приріст був меншим у 1,10–1,22 рази (табл. 4). Зростання урожайності зерна сої від внесення подвійної дози добрив за оранки і поверхневого обробітку становило +0,73–0,86 т/га, тоді як за *no-till* приріст від внесених добрив був меншим у 1,35–1,39 рази. Коефіцієнт варіації урожайності зростав від оранки (26,4%) до *no-till* (28,0–28,1%), а за поверхневого обробітку коефіцієнт варіації мав найнижче значення (25,8%). Незалежно від способу обробітку, як на контролі без добрив, так і на удобрених фонах варіація урожайності сої була великою.

У середньому по сівоzmіні урожайність культур на контролі без добрив за оранки та поверхневого обробітку сягала 3,55–3,66 т/га, а за *no-till* урожайність культур була істотно меншою на 0,36–0,37 т/га. За внесення одинарної дози добрив за оранки і поверхневого обробітку середня урожайність культур у сівоzmіні становила 4,09–4,15 т/га, тоді як за *no-till* урожайність була меншою на 0,48–0,57 т/га.

Внесення подвійної дози добрив забезпечило зростання урожайності за оранки та поверхневого обробітку до 4,38–4,45 т/га, а за *no-till* урожайність була

меншою на 0,58–0,61 т/га. Зростання урожайності від внесених добрив у межах обробітків показали, що за оранки та поверхневого обробітку становила +0,53–0,54 т/га та +0,83 т/га відповідно до одинарної і подвійної дози добрив. За *no-till* приріст від внесених добрив була істотно меншою в 1,41–1,46 рази (табл. 4).

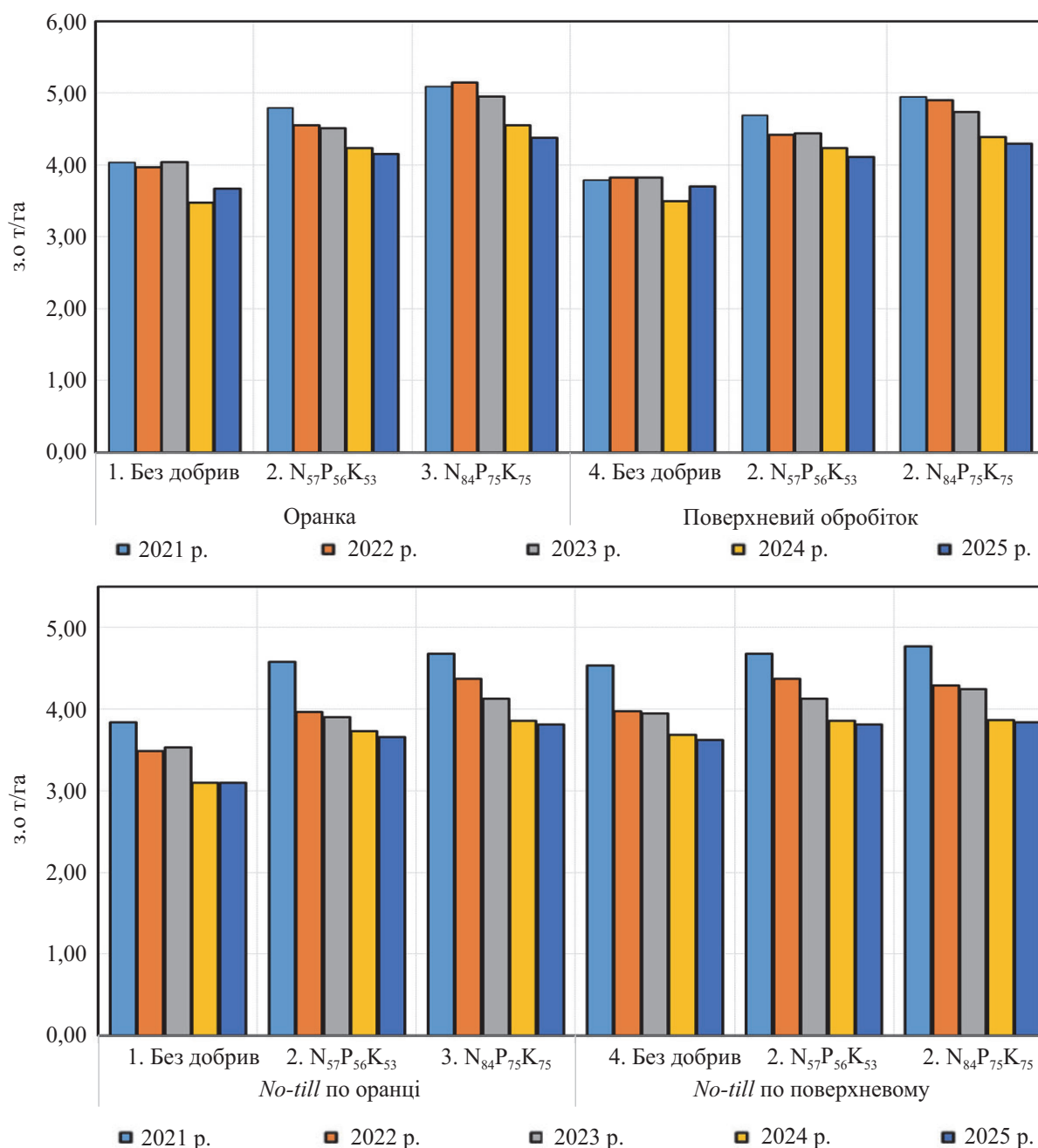
Середній вихід з.од. за 2021–2025 рр. в 5-пільній зерновій сівоzmіні за оранки становив 4,82 т/га, а за поверхневого обробітку вихід був меншим на 0,15 т/га, що у межах не достовірної різниці в межах похибки та свідчить про однаковий вихід з.од. з 1 га. За *no-till* вихід з.од. був меншим на 0,61–0,65 т/га, що є достовірно меншим порівняно, як з оранкою, так і поверхневим обробітком. Амплітудний розмах (Δ_a) виходу з. од. за оранки та поверхневого обробітку становив $\Delta_a = 0,65–0,77$ т/га, тоді як за *no-till* Δ_a зростав в 1,21–1,35 рази. Незалежно від способу обробітку ґрунту коефіцієнт варіації ($K_{\text{вар}}$) виходу з. од. був меншим за 10%, але за *no-till* $K_{\text{вар}}$ досягав рівня 8,71–9,95%, тоді як за оранки і поверхневого обробітку $K_{\text{вар}}$ був меншим в 1,3 – 1,4 рази (табл. 5, рис. 1).

Що стосується беззмінного поверхневого обробітку впродовж 10 років, то виявляється що середній вихід зернових одиниць становить 5,66 т/га, що є рівноцінним як і за оранки – 5,72 т/га. Мінімальний і максимальний вихід зернових одиниць незалежно від способу обробітку був у межах 7,30–7,38 т/га (за $\min$ значенням) та 7,89–7,99 т/га (маx за максимальним значенням) за однаковим $\Delta_a = 3,69–3,61$ т/га, за однакових значень $K_{\text{вар}} = 22,3–23,3\%$, що свідчить про рівноцінність за ефективністю обробітків. Агропотенціал чорнозему опідзоленого малогумусного в агроценозі 5-пільної сівоzmіні: за урожайністю пшениці озимої за внесення добрив за оранки становила 6,75 т/га, поверхневого обробітку – 6,58 т/га, а за *no-till* – 5,97–6,05 т/га.

Таблиця 5. Статистичні параметри рядів динаміки виходу зернових одиниць в 5-пільній зерновій сівоzmіні залежно від способу обробітку, 2021–2025 рр. (7– т/га побічної продукції + $N_{75}P_{65}K_{82}$ на гектар сівоzmінної площі)

Спосіб обробітку	Середнє	Амплітуда		Розмах $\Delta a = \max - \min$.	$*K_{oc}$	Стандартне відхилення, S_x	$**K_{var}, \%$
		min	max				
	т/га						
Оранка	4,82	4,38	5,14	0,77	0,16	0,34	7,08
Поверхневий	4,67	4,30	4,95	0,65	0,14	0,30	6,40
<i>No-till</i> по оранці	4,17	3,81	4,68	0,87	0,21	0,36	8,71
<i>No-till</i> по поверхневому	4,21	3,84	4,77	0,93	0,22	0,38	9,05

Примітка. $K_{\text{ос}}$ – коефіцієнт осциляції; $K_{\text{вар}}$, % – коефіцієнт варіації.



Вплив різних способів обробітку чорнозему опідзоленого на вихід зернових одиниць у 5-пільній зерновій сівоzmіні за 2021–2025 рр.

Зниження врожайності культур під час переходу на технологію *no-till* (нульовий обробіток ґрунту) у перші 3–5 років — поширене явище, пов'язано з перебудовою ґрунтових процесів. Дефіцит азоту: у початковий період мікроорганізми, що розкладають рослинні рештки на поверхні, споживають азот із ґрунту, створюючи його дефіцит для культурних рослин. Повільне прогрівання ґрунту: наявність товстого шару мульчі (рослинних решток) навесні перешкоджає прогріванню ґрунту, що затримує схожість насіння та уповільнює темпи початкового розвитку рослин. Підвищена забур'яненість: відмова від

оранки призводить до зростання чисельності бур'янів, які конкурують з культурними рослинами за вологу та поживні речовини. Ущільнення ґрунту: у перші роки після відмови від обробітку може спостерігатися ущільнення, що ускладнює розвиток кореневої системи та знижує проникнення вологи. Порушення водного режиму: неправильне управління рослинами рештками може призвести до нерівномірного розподілу вологи. Необхідність адаптації: ґрунту потрібен час для відновлення структури, підвищення вмісту гумусу та формування активного біологічного життя [1; 2].

ВИСНОВКИ

В умовах Правобережного Лісостепу реалізація ефективної родючості чорнозему опідзоленого в 5-пільній сівоzmіні за виходом зернових одиниць. За систематичної оранки та поверхневого обробітку досягає рівня 4,67–4,82 т/га, тоді як за *no-till* реалізація агропотенціалу знижується на 12,7–13,5%. Під час переходу на *no-till* після оранки в початковий період зниження агропотенціалу досягає 13,5%, а при переході на *no-till* після поверхневого обробітку – на 9,9%, що в 1,35 рази більш ефективно. У початковий період зниження рівня ефективної родючості за виходом зернових одиниць становило

12,7–13,5% відносно оранки і поверхневого обробітку. За поверхневого обробітку впродовж 10 років рівень ефективної родючості відносно обранки був нижчим на 3,1%.

Найвищі зниження прирости урожаю зерна в початковий період застосування *no-till*, як по оранці, так і поверхневому обробітку, було за вирощування пшениці озимої (–0,83–1,04 т/га) та пшениці ярої (–0,68–0,74 т/га). За вирощування ячменю ярого зниження врожайності зменшувалося до –0,43–0,47 т/га, а за вирощування сої – до –0,33–0,42 т/га. Найменше зниження урожайності від застосування *no-till* було за вирощування гороху (–0,25–0,28 т/га).

ЛІТЕРАТУРА

1. Медведєв В.В. Манушкіна Т.М., Дробітько А.В., Качанова Т.В. (2020). Екологічні особливості технології *no-till* в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 4, 47–53. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-4(108).
2. Brennan D., Bruce C. Ball 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*, 66–87.
3. Jordan A., Zavala L.M., Gil J. (2010) Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, 81, 1, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.007>.
4. Blanco-Canqui H., Mikha M.M., Presley D.R., et al. (2011) Addition of Cover Crops Enhances No-Till Potential for Improving Soil Physical Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 75 (4), 1471. <https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0430>.
5. Hamdy A., Aly A. (2016) Conservation agriculture between concept and application. *Agrofor international journal*, 1, 1, 202–215. doi: 10.7251/AGRENG1601202H.
6. Gusev Y.M., Dzhogan L.Y. (2019) Soil mulching as an important element in the strategy of using natural water resources in agroecosystems of the Steppe Crimea. *Eurasian Soil Science*, 52, 3, 313–318.
7. Манушкіна Т.М.(2020) Екологічні особливості технології *no-till* в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 4 (108), 47, 53. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9205>.
8. Comparison of *no-till* and traditional technologies for *Triticum aestivum* L. cultivation / Izotov A.M., Turin E.N., Turina E.L., et al. (2019). *IOP conference series: earth and environmental science*, 341, 12–20. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.
9. Миколайович, О., Тимчак, В. (2025). Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур за передовими технологіями. *Економіка та суспільство*, (71). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-40>.
10. Медведєв В.В., Булигін С.Ю., Булигіна М.Е. Сучасні системи землеробства і проблема обробітку ґрунту. *Агроекологічний журнал*, 2, 127 – 134.
11. Dridiger, A.L. Ivanov, V.P. Belobrov V.K., et al. (2020). Rehabilitation of soil properties by using direct seeding technology. *Eurasian Soil Science*, 53, 9, 1293–1301. doi: 10.1134/S1064229320090033.
12. Belobrov V.P., Yudin S.S., Yaroslavtseva N.V., et al. (2020). Changes in physical properties of chernozems under the impact of *no-till* technology. *Eurasian Soil Science*, 53, 7, 968–977. doi: 10.1134/S10642293200790029.
13. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L.E. (2019). The effect of *no-till* farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: a review. *Soil & Tillage research*, 189, 98–109. doi: 10.1016/j.still.2019.01.004.
14. Hosl R., Strauss P. (2016). Conservation tillage practices in the alpine forelands of Austria-Are they effective? *Catena*, 137, 44–51.
15. Sithole N.J., Magwaza L.S., Thibaud G.R. (2019). Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions. *Soil Tillage Research*, 190, 147–156.
16. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L.E. (2019). The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western

- Europe: A literature review. *Soil Tillage Research*, 189, 98–109.
17. Copeck K., Filipovic D., Husnjak S., et al. (2015). Effects of tillage systems on soil water content and yield in maize and winter wheat production. *Plant Soil Environ*, 61, 213–219. doi:10.17221/156/2015-PSE.
 18. Lampurlanes H., PlazaBonilla D., Alvaro-Fuentes J., et al. (2016). Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Research*, 189, 59–67. doi:10.1016/j.fcr.2016.02.010.
 19. Kichamu-Wachira E., Xu Z., ReardonSmith K., et al. (2021). Effects of climate-smart agricultural practices on crop yields, soil carbon, and nitrogen pools in Africa: a meta-analysis. *J. Soils Sediments*. doi:10.1007/s11368-021-02885-3.
 20. Zhang S., Chen X., Jia S., et al. (2015). The potential mechanism of longterm conservation tillage effects on maize yield in the black soil of Northeast China. *Soil and Tillage Research*, 154, 84–90. http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.06.002.
 21. Keil A., Mitra A., McDonald A., et al. (2020). Zero-tillage wheat provides stable yield and economic benefits under diverse growing season climates in the Eastern Indo-Gangetic Plains. *International Journal of Agricultural Sustainability*. doi:10.1080/14735903.2020.1794490.
 22. Govaerts B., Sayre K. D., Deckers J. (2005). Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting? *Field Crop Research*, 94 (1), 33–42. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.11.003.
 23. He, J., Li H., Rasaily R., et al. (2011). Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain *Soil and Tillage Research*, 113(1), 48–54. https://doi.org/10.1016/j.still.2011.01.005.
 24. Jat S.L., Parihar C.M., Singh A.K., et al. (2019). Differential response from nitrogen sources with and without residue management under conservation agriculture on crop yields, water-use and economics in maize-based rotations. *Field Crops Research*, 236, 96–110. doi:10.1016/j.fcr.2019.03.017.
 25. Цилюрик О.І. (2000) Система мульчуального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Дніпро: Новий Світ. 298 с.
 26. Tereshenko, A., & Tarabrina, A.-M. (2025). Performance of grain and leguminous crops under resource saving cultivation technology in the Southern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 29(1), 72–83. doi: 10.56407/bs.agrarian/1.2025.72.
 27. Sithole N.J., Magwaza L.S., Thibaud G.R. (2019). Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions. *Soil Tillage Research*, 190, 147–156. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198719303733.
 28. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L.E. (2019) The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in northwestern Europe: A literature review. *Soil Tillage Research*, 189, 98–109. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198718302265?via%3Dihub/.

Demydenko O.V., Rasevich V.V., Tetereshchenko N.M., Shagurska N.V.

Comparative productivity of crops in a 5-field crop rotation in the initial period of no-till application

Aim. To conduct a comparative assessment of crop yields in a 5-field grain crop rotation using no-till after plowing (5 years) and surface cultivation (5 years) compared to systematic plowing and systematic surface cultivation (10 years) on podzolic chernozem in the Central Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Generally accepted – field, laboratory, mathematical, comparative and computational. **Results.** For plowing on the control without fertilizers, the average productivity for 2021–2025 was 3.62 t/ha of grain of all crops in the crop rotation, which corresponded to a yield of 5.04 t/ha of grain. With surface tillage, productivity in terms of grain yield and grain unit yield was lower by 0.11 t/ha and 0.16 t/ha, and for no-till farming, it was 0.37 t/ha and 0.53 t/ha lower (for plowing) and 0.26 t/ha and 0.40 t/ha lower (for surface tillage). After applying a single dose of fertilizer, crop rotation productivity increased to 4.11 t/ha (6.09 t/ha dry matter) after plowing, to 4.01 t/ha (5.95 t/ha dry matter) after surface tillage, and with no-till – to 3.59 t/ha (5.32 t/ha dry matter) and 3.57 t/ha (4.96 t/ha dry matter) for plowing and surface tillage, respectively. Applying a double dose of fertilizer increased yields: up to 4.42 t/ha (6.58 t/ha dry matter) for plowing, up to 4.33 t/ha (6.49 t/ha of dry matter) for surface cultivation, up to 3.81–3.82 t/ha (5.67–5.72 t/ha of dry matter) for no-till. **Conclusions.** In the conditions of the central part of the Right-Bank Forest-Steppe, the effective fertility of podzolized chernozem in a 5-field crop rotation with a yield of dry matter under systematic plowing and surface tillage reaches 4.67–4.82 t/ha, while under no-till, the realization of agricultural

potential decreases by 12.7-13.5%. When switching to no-till after plowing, the initial decline in agricultural potential reaches 13.5%, and when switching to no-till after surface cultivation, it reaches 9.9%, which is 1.35 times more effective. In the initial period, the decrease in effective fertility in terms of grain yield was 12.7-13.5% relative to plowing and surface tillage. With surface tillage, the level of effective fertility was 3.1% lower than with plowing over a period of 10 years.

Key words: *ploughing, shallow tillage, yield, peas, spring barley, winter and spring wheat, soya.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демиденко О.В., доктор с.-г. наук, головний науковий співробітник, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», ORCID 0000-0002-5334-1154.

Расевич В.В., канд. біол. наук, учений секретар, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», ORCID:0000-0002-3860-3507.

Тетерешенко Н.М., старший наук. співроб., Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», ORCID:0000-0001-6570-789X.

Шагурська Н. В., наук. співроб., Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН».

Demydenko O.V., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine», ORCID 0000-0002-5334-1154.

Rasevych V.V., PhD in Biology, Scientific Secretary, Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine», ORCID:0000-0002-3860-3507.

Tetereshchenko N. M., Senior Research Fellow, Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine», ORCID:10000-0001-6570-789X.

Shagurska N. V., Research Associate, Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine».

Надійшла 11.02.2026

Прийнята до друку 13.04.2026

Опубліковано червень 2026

ОЦІНЮВАННЯ МІСЦЕВИХ ФОРМ ЦИБУЛІ ШАЛОТ ЗА КОМПЛЕКСОМ ЦІННИХ ОЗНАК ДЛЯ УМОВ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

С.М. Кубрак, З.Д. Сич

*Білоцерківський національний аграрний університет
(м. Біла Церква, Україна)*

Мета. Виділити кращі місцеві форми цибулі шалот за урожайністю, адаптивністю, масою і кількістю цибулин в «гнізді», а також за довжиною листка і їх кількістю в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польові, розрахунково-аналітичні. **Результати.** Встановлено особливості дії чинників навколишнього середовища на урожайність, масу і кількість підземних цибулин, довжину та кількість листків шалоту. Найважчі цибулини у гнізді (26,9 г) формувалися на рослинах місцевої форми Ш-1, яка походила із Київської обл. Найменшу середню масу фіксували у місцевих форм Ш-5 (Київська обл.), Ш-7 (Дніпропетровська обл.), Ш-11 (Чернігівська обл.), Ш-12 (Чернігівська обл.), де цей показник становив відповідно 11,5; 10,7; 10,8 та 11,3 г. Найвищою врожайністю характеризувалися зразки з Київської (Ш-1, Ш-2), Дніпропетровської (Ш-6, Ш-9) та Чернігівської обл. (Ш-10) – відповідно 30,8; 25,4; 19,6; 18,5; 20,3 т/га. У сорту Ліра, який був контролем, цей показник сягав 15,7 т/га. Найнижча урожайність спостерігалася за вирощування зразків Ш-4 (13,1 т/га), Ш-7 (12,3 т/га), Ш-11 (12,3 т/га), Ш-13 13,9 (т/га) та Ш-14 (13,5 т/га). Найкращі показники за кількістю листків та їх довжиною відмічали у місцевих форм із Київської та Чернігівської обл. – відповідно Ш-2 та Ш-10. У середньому один кущ цих зразків мав відповідно 41 і 38 листків, при цьому довжина листка становила 36,2 та 36,6 см. Найкраще пристосованими до умов навколишнього середовища Правобережного Лісостепу України виявився сорт – контроль Ліра і два зразки із Київської (Ш-1 і Ш-2) та Дніпропетровської обл. (Ш-6, Ш-7). Коефіцієнт стабільності Левіса у них дорівнював 1,2, що свідчить про високий ступінь пристосованості, екологічну стабільність, адаптивність до зміни кліматичних умов. Найгірше адаптувалася місцева форма Ш 4 із Київської та Ш-12 Чернігівської обл. У них показник стабільності становив 1,3. **Висновки.** У результаті проведених досліджень виділено зразки цибулі шалот із великою масою і кількістю підземної цибулини та врожайністю культури, а також найдовшими листками і найбільшою кількістю в умовах Правобережного Лісостепу України. Найкращі результати за масою підземних цибулин (26,9 г) та врожайністю (30,8 т/га) отримали від вирощування зразка походженням із Київської обл. (Ш-1). Однак у «гнізді» формувалося в середньому лише 3-4 цибулини. Найбільша кількість цибулин спостерігалася за вирощування місцевої форми Ш-2 (Київська обл.) Ш-10 (Чернігівська обл.) – 5 шт. Також ці дві форми мали ще найдовші листки та налічували найбільшу їх кількість. На одному кущі цих зразків було відповідно 41 і 38 листків, при цьому довжина листка становила 36,2 і 36,6 см.

Ключові слова: урожай, період вегетації, місцеві форми, маса цибулини, ознаки листків.

Вступ. Цибуля шалот (*Allium ascalonicum* L. var. *aggregatum* G. Don) є поширеною овочевою рослиною, яка переважно вирощується в тропічних країнах, таких як Індонезія [1–3; 7]. Вона широко застосовується як спеція у повсякденному приготуванні їжі, а також знаходить своє місце у сфері медицини, косметики та дієтичних добавок [17;

22; 23]. Точних статистичних даних щодо обсягів виробництва цибулі шалот (кущівки) в Україні немає, оскільки вона вирощується переважно на присадибних ділянках та малих фермерських господарствах, а не в промислових масштабах. Популярність культури зростає завдяки ніжному смаку, але загальний ринок залишається нішевим. Більшість

продукції реалізується у фасованому вигляді через роздрібні мережі [20; 21].

Культура шалоту повсюдно поширена в Україні, але найбільші площі зосереджені в південних та центральних регіонах, де кліматичні умови сприяють кращому визріванню цибулин. Внаслідок збільшення попиту на цибулю шалот, посилилася селекційна робота по даній культурі, що вимагає пошуку і вивчення місцевих широко поширених в Україні форм [4; 5]. Розробка нових сортів є складним і затратним процесом. Водночас, аналіз існуючих місцевих форм для їхньої адаптації до конкретних умов навколишнього середовища та використання як вихідного матеріалу для селекції значно прискорює цей процес [8; 9]. Оцінка й поширення доступних сортів цибулі шалот є одним із ключових підходів для підвищення її врожайності та ефективного виробництва. Використання стійких місцевих форм становить один із найрезультативніших і економічно вигідних варіантів сучасних технологій.

Мета – виявити найкращі та найбільш адаптовані місцеві форми за урожайністю, масою і кількістю цибулин у «гнізді» та довжиною листка і їх кількістю в умовах Правобережного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цибуля шалот є близьким родичем цибулі ріпчастої. Незважаючи на певні відмінності у термінах цвітіння, шалот легко схрещується з ріпчастою цибулею, утворюючи плідні гібридні покоління. Обидва види проявляють значну цитологічну та морфологічну подібність [16].

Оскільки шалот розмножується здебільшого вегетативно, у цибулинах поступово накопичуються різні патогени – грибі, бактеріальні та вірусні. Це призводить до зниження врожайності та погіршення якості продукції. Використання цибулин як посівного матеріалу супроводжується низкою труднощів: по-перше, потрібен значний обсяг садивного матеріалу (приблизно 1,2 т/га), що є дорогим; по-друге, тривале зберігання цибулин призводить до істотних втрат після збору врожаю. Цибулини також переносять грибні захворювання, такі як *Fusarium* spp. і латентні віруси (*SLV*) з покоління в покоління. Сисні шкідники, як-от нематоди, трипси, кліщі та цибулева листоблішка, завдають значної шкоди. Протягом періоду зберігання вони перебувають між сухими і соковитими лусками, а з настанням весни переміщуються на листки. Ці шкідники не лише безпосередньо шкодять рослинам, але й виконують роль

переносників численних вірусних і бактеріальних захворювань [12].

В Україні урожайність місцевих форм і сортів досить низька і становить 0,5–1,4 кг/м², середня маса цибулини 7,9–18,3 г, кількість цибулин у «гнізді» 4,4–7,4 шт.[5]. Сильне галуження рослин цибулі шалоту дає змогу з однієї садивної цибулини отримати «гніздо», що складається з 4–10 цибулин різного розміру. Це дає змогу одночасно проводити калібрування для відбору великих товарних цибулин та дрібніших, придатних для посадки. Після укорінення кожна цибулина формує до 10 пагонів, які утворюють пучки із 5–7 листків. Довжина найбільш розвинутого листка сягає 25–54 см, а маса рослини в фазі технічної стиглості становить 53–85 г [4; 18].

Фермери вибирають сорти для висаджування залежно від низки чинників, які враховують виробничий потенціал, ринковий попит, здатність адаптуватися до середовища, наявність насіння та ціни [20].

Сорти та місцеві форми цибулі шалот, які вирощують в Україні, досі залишаються недостатньо дослідженими щодо їхньої реакції на екологічні чинники. Водночас ця культура займає важливе місце як у промисловому виробництві, так і в присадибному городництві. Її можна вирощувати для отримання цибулин, а також використовувати для вигонки зеленої цибулі як у відкритому, так і в захищеному ґрунті. Завдяки багатозачатковості цибуля шалот особливо підходить для вирощування на зелену продукцію [18].

Цибуля шалот – це овочева культура, яку переважно розмножують вегетативним способом. Однак зарубіжні селекціонери вже створили сорти та гібриди, що придатні і для генеративного розмноження, забезпечуючи можливість ефективного вирощування в умовах промислового виробництва [1].

Цибулинний бізнес сьогодні вважається досить прибутковим та набуває дедалі більшої поширеності. Деякі фермери продовжують культивувати місцеві сорти власної селекції, які відмінно адаптовані до екологічних умов їхнього регіону. Втім бракує високоврожайних сортів, придатних для поширення в Україні і в Державному реєстрі. Так, у 2019 р. У Державному реєстрі було занесено 4 сорти, а в 2020 та 2021 рр. – лише 3 [10; 13; 14]. Вирощування шалоту, завезеного з інших регіонів без ретельного розсадництва та оздоровлення садивного матеріалу, сприяє швидкому виродженню культури і зниженню врожайності вже на 2-3 покоління [11; 15]. Тому проблема відбору кращих сортів шалоту за такими показниками, як

тривалість вегетаційного періоду, кількість і маса підземної цибулини, продуктивність листової маси, стійкість до хвороб і шкідників, а також загальна врожайність, потребує постійного і ґрунтового вивчення.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводилося у 2019–2021 рр. на дослідному полі Білоцерківського НАУ, розташованому в зоні Правобережного Лісостепу України. Було зібрано колекцію із 30 сортів та місцевих форм цибулі шалот, отриманих з різних областей країни, зокрема Київської, Дніпропетровської, Кіровоградської, Чернігівської та Черкаської. Було відібрано 14 найкращих зразків для подальшої селекційної роботи. Оцінювання зразків проводили відповідно до «Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві» [24]. В якості контролю використовували сорт Ліра, створений в Інституті овочівництва і баштанництва УААН. Вирощування проводили за загальноприйнятою технологією [6]. Сорти цибулі шалот висаджували стрічковим способом за схемою 50+20+20х10 см (густота 286 тис. рослин/га). Підземні цибулини починали збирати тоді, коли з'являлися ознаки всихання листків у першій половині липня.

Коефіцієнт фенотипової стабільності Левіса (SF) розраховували за формулою $SF = HE / LE$, де HE та LE відповідають найвищим і найнижчим показникам урожайності в різні роки досліджень [24]. Значення коефіцієнта, близьке до 1, свідчило про високу стабільність, тоді як відхилення від 1 вказувало на нестабільність. Для аналізу отриманих даних застосовували метод дисперсійного аналізу із використанням програмного забезпечення «Statistica-7» [19].

Результати та їх обговорення. Проведені дослідження свідчать, що найвищу врожайність у 2019 р. (табл. 1) отримали від вирощування таких варіантів, як: Ш-1 та Ш-2 (Київська обл.), Ш-6 (Дніпропетровська обл.), Ш-10 (Чернігівська обл.). Вона сягав відповідно 28,4; 24,5; 18,5 та 18,2 т/га. У сорту-контролю Ліра цей показник становив 15,2 т/га. Низьку врожайність зафіксували у місцевих форм із Київської (Ш-4) та Чернігівської обл. (Ш-11). Урожайність підземних цибулин у них була лише 11,6 і 11,2 т/га.

У 2020 р. найвищу врожайність підземних цибулин серед різних сортів та місцевих форм шалоту продемонстрували зразки Ш-1 (Київська обл.), Ш-2 (Київська обл.), Ш-6 (Дніпропетровська обл.), Ш-9 (Дніпропетровська обл.) і Ш-10 (Чернігівська обл.). Урожайність цих зразків становила відповідно 32,6; 26,3; 19,3; 19,8 і 20,6 т/га. Це дозволило отримати

більший урожай порівняно з контролем (сорт Ліра) відповідно на 16,8; 10,5; 3,5; 4,0 та 4,8 т/га.

У 2021 р. найвищу урожайність отримали від вирощування таких зразків, як Ш-1 (Київська обл.), Ш-2 (Київська обл.), Ш-6 (Дніпропетровська обл.), Ш-10 (Чернігівська обл.). Значення цього показника становило відповідно 31,3; 25,4; 20,9 і 22,0 т/га.

У середньому за три роки досліджень було встановлено, що істотно вищу врожайність цибулин мали такі зразки: Ш-1 (30,8 т/га), Ш-2 (25,4 т/га), Ш-6 (19,6 т/га), Ш-9 (18,5 т/га), Ш-10 (20,3 т/га). Урожайність на контролі сягала 15,7 т/га.

Пристосованість зразків шалоту впродовж трьох років досліджень була різною. Найкраще пристосувалися до умов Правобережного Лісостепу контроль та місцеві форми, такі як: Ш-1, Ш-2 і Ш-3 (Київська обл.) та Ш-6 і Ш-7 (Дніпропетровська обл.). Коефіцієнт стабільності Левіса у них дорівнює 1,1. Найгірше адаптувалися до зовнішніх умов варіанти із Київської (Ш-4) та Чернігівської обл. Він мав найбільше значення коефіцієнта стабільності, яке становило 1,3.

Урожайність різних сортів та місцевих форм цибулі шалот залежала від маси та кількості цибулин у «гнізді» (табл. 2). Великі підземні цибулини у 2019 р. спостерігали за вирощування варіанта Ш-1, що походив із Київської обл. В даному випадку їх маса становила 24,9 г, тоді як у контролю Ліри він становив 13,3 г. Цей показник залишався на рівні з контрольним у таких варіантів, як: Ш-3 (13,0 г), Ш-4 (13,5 г), Ш-6 (13,0 г), Ш-8 (12,8 г) та Ш-10 (12,7 г).

Протягом 2020 р. погодні умови виявилися сприятливішими для росту та розвитку рослин цибулі шалот, що позначилося на їх врожайності. У деяких зразків спостерігалось збільшення середньої маси цибулини, тоді як в інших зафіксували зростання кількості цибулин у «гнізді». Найбільші за масою цибулини формували місцеві форми, адаптовані до умов Київської обл., зокрема зразки Ш-1 (28,5 г) і Ш-2 (15,3 г). Найменші цибулини були отримані від вирощування таких варіантів: Ш-12 (10,0 г), Ш-5 (10,6 г), а також Ш-3, Ш-7, Ш-8 і Ш-11 (по 10,9 г).

У 2021 р. найбільшою середньою масою цибулини характеризувався зразок Ш-1 із Київської обл., де він становив 27,4 г. Найменше значення цього показника відмічали у місцевих форм Ш-5, Ш-7, Ш-11 – відповідно 11,6; 11,3 та 11,6 г.

У середньому за 2019–2021 рр. проведених досліджень встановлено, що середня маса цибулин у «гнізді» сортів та місцевих форм цибулі шалот була

Таблиця 1. Урожайність місцевих форм цибулі шалоту (середнє за 2019–2021 рр.)

Зразок	Походження	Урожайність цибулин, т/га				Коефіцієнт стабільності Левіса (S. F.)
		2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	
Ліра, (контроль)	Харківська обл., UKR	15,2	15,8	16,2	15,7	1,1
Ш-1	Київська обл., UKR	28,4	32,6	31,3	30,8	1,1
Ш-2	Київська обл., UKR	24,5	26,3	25,4	25,4	1,1
Ш-3	Київська обл., UKR	14,8	15,5	17,9	16,1	1,2
Ш-4	Київська обл., UKR	11,6	12,8	14,8	13,1	1,3
Ш-5	Київська обл., UKR	14,1	15,2	16,6	15,3	1,2
Ш-6	Дніпропетровська обл., UKR	18,5	19,3	20,9	19,6	1,1
Ш-7	Дніпропетровська обл., UKR	11,4	12,5	12,9	12,3	1,1
Ш-8	Дніпропетровська обл., UKR	14,6	15,5	18,2	16,1	1,2
Ш-9	Дніпропетровська обл., UKR	16,3	19,8	19,3	18,5	1,2
Ш-10	Чернігівська обл., UKR	18,2	20,6	22,0	20,3	1,2
Ш-11	Чернігівська обл., UKR	11,2	12,5	13,3	12,3	1,2
Ш-12	Чернігівська обл., UKR	13,2	14,3	17,6	15,0	1,3
Ш-13	Черкаська обл., UKR	12,7	13,6	15,3	13,9	1,2
Ш-14	Черкаська обл., UKR	12,6	13,4	14,6	13,5	1,2
НІР ₀₅					1,4	

Таблиця 2. Маса та кількість цибулин у гнізді різних місцевих форм цибулі шалоту (середнє за 2019–2021 рр.)

Зразок	Походження	Середня маса цибулини, г				Кількість цибулин у «гнізді», шт.
		2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	
Ліра, (контроль)	Харківська обл., UKR	13,3	13,8	14,2	13,8	3
Ш-1	Київська обл., UKR	24,9	28,5	27,4	26,9	3
Ш-2	Київська обл., UKR	14,3	15,3	14,8	14,8	5
Ш-3	Київська обл., UKR	13,0	10,9	12,5	12,1	4
Ш-4	Київська обл., UKR	13,5	11,2	12,9	12,5	3
Ш-5	Київська обл., UKR	12,3	10,6	11,6	11,5	4
Ш-6	Дніпропетровська обл., UKR	13,0	13,5	14,6	13,7	4
Ш-7	Дніпропетровська обл., UKR	10,0	10,9	11,3	10,7	3
Ш-8	Дніпропетровська обл., UKR	12,8	10,9	12,7	12,1	4
Ш-9	Дніпропетровська обл., UKR	14,3	11,6	13,5	13,1	4
Ш-10	Чернігівська обл., UKR	12,7	12,0	12,8	12,5	5
Ш-11	Чернігівська обл., UKR	9,8	10,9	11,6	10,8	3
Ш-12	Чернігівська обл., UKR	11,6	10,0	12,3	11,3	4
Ш-13	Черкаська обл., UKR	14,8	11,9	13,4	13,4	3
Ш-14	Черкаська обл., UKR	14,7	11,7	12,8	13,1	3
НІР ₀₅					1,8	0,5

істотно більша, ніж на контролі Ліра (13,8 г) у зразка, що походить з Київської обл. Ш-1 – 26,9 г. Найменші підземні цибулини спостерігали на рослинах Ш-7 (10,7 г) та Ш-11 (10,8 г).

Найбільшу кількість цибулин у різних сортів і місцевих форм цибулі шалот утворювали рослини зразків, які мали походження з Київської – Ш-2 та Чернігівської обл. – Ш-10, де цей показник сягав

по 5 шт. Однак, у Ш-3, Ш-5, Ш-6, Ш-8, Ш-9, Ш-12 їх формувалося аж 4 шт. у «гнізді». Всі інші зразки в умовах Правобережного Лісостепу мали по 3 цибулини.

За результатами досліджень, проведених у 2019–2021 рр. було виділено зразки цибулі шалот із найдовшими листками. Найкращі показники демонстрували зразки Ш-1 і Ш-2 (Київська обл.) та Ш-10 (Чернігівська обл.), у яких довжина листка становила відповідно 38,4 см, 36,2 см та 36,6 см. Щодо кількості листків у «гнізді», то всі досліджувані зразки подібні до сорту-контролю Ліра. У нього це значення в середньому за три роки сягало 25 шт. Єдиним винятком стали два зразки з Київської та Чернігівської обл. – Ш-2 і Ш-10. У цих варіантів кількість листків у «гнізді» досягла відповідно 41 та 38 шт.

Висновки

Як свідчать одержані дані в середньому за 2019–2021 рр. найвищу врожайність підземних цибулин мали варіанти Ш-1(30,8 т/га), Ш-2 (25,4 т/га), Ш-6 (19,6 т/га), Ш-9 (11,5 т/га), Ш-10 (20,3 т/га).

Найбільша маса підземної цибулини у «гнізді» була у зразка, що походить з Київської області Ш-1 і сягає 26,9 г. Найменшими цибулини формувалися на рослинах місцевих форм Ш-7 (10,7 г) та Ш-11 (10,8 г).

Серед досліджуваних зразків за великою кількістю цибулин у «гнізді» виділилися два – Ш-2, Ш-10, походженням відповідно із Київської та Чернігівської обл. Цей показник становив в даному випадку 5 шт. За кількістю листків та їх довжиною переважали зразки Ш-2 та Ш-10. Кількість листків у гнізді одного куща була відповідно 41 і 38 шт., а довжина листка – 36,2 й 36,6 см.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aklilu Shimeles. (2014). The performance of true seed shallot lines under different environments of Ethiopia. *Journal of Agricultural Sciences*, 59, 2, 129–139. <https://doi.org/10.2298/JAS1402129S>.
2. Arifin B., Azam N., Martianto D., & Karlina L. (2019). The Future of Indonesian Food Consumption. *J. Ekon. Indones.*, 8, 1, 71–102. <https://doi.org/10.52813/jei.v8i1.13>.
3. Askari-Khorasgani & Pessarakli M. (2019). Agricultural management and environmental requirements for production of true shallot seeds – a review. *Adv. Plants Agric. Res.*, 9, 2, 318–322. Doi: <https://doi.org/10.15406/apar.2019.09.00441>.
4. Bilenka, O. M. (2015). Новий сорт цибулі шалоту Гранат. *Vegetable and Melon Growing*, (61), 34–38.
5. Біленька, О.М. (2018). Оцінка колекційних зразків цибулі шалот у селекції на врожайність. *Генетичні ресурси рослин*, (23), 58–66. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2023-73-6-12>.
6. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. (2001). Сучасні технології в овочівництві. Харків, ІОВ НААН, 128 с.
7. FAOSTAT. (2018). Modeling the Future of Indonesian Food Consumption. URL: <https://relief-web.int/report/indonesia/modeling-future-indonesian-food-consumption-june-2018>.
8. Fasika Sendec, Haily Tefera, Kobede W. Tsadic. (2009). Corelation and Path Analysis in Shallot (*Allium cepa* L., var. *ascalonicum* Baker.) genotypes. *East African journal of Sciences*, 3 (1), 55–60. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-66-16-27>.
9. Herlina L., Reflinur R., Sobir S., Maharijaya A., Wiyono S., & Istiaji B. (2019). Genetic diversity of Indonesian shallots based on bulb-tunic patterns and morphological characters. *Indones. J. Agric. Sci.*, 20, 1, 19. Doi: 10.21082/ijas.v20n1.2019.p19-28.
10. Грюнвальд Н. В. (2021). Державний реєстр сортів рослин, придатний для поширення в Україні у 2021 р. 531 с. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
11. Корнієнко С. І., Біленька О. М. Чернишенко Т.В., Коваленко Є.М. (2013). Методичні підходи до селекційного процесу та насінництва цибулі шалот. Харків: ТОВ «ВР «Рлеяда». ІОБ НААН. 27 с.
12. Kotlinska T. (1995). Variability of some features in shallot landraces. (A.сера var. *aggregatum*). Report of a Working Group on Allium (Rome, fifth meeting 25-27 May. Rome. *International Plant Genetic Resources Institute*. P. 73.
13. Мельник С.І. (2019). Державний реєстр сортів рослин, придатний для поширення в Україні у 2019 р. 497 с. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
14. Мельник С.І. (2020). Державний реєстр сортів рослин, придатний для поширення в Україні у 2020 р. 516 с. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>.
15. Міністерство аграрної політики та продовольства України. (2021). Випробування на відмінність, однорідність та стабільність на овочах, картоплі та грибах. Київ. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/Meth od_veget.pdf.

16. Rabinowitch, H. D., & Kamenetsky, R. (2002). Shallot (*Allium cepa*, *Aggregatum* group). *Allium crop science: recent advances*, 409–430. <https://doi.org/10.1079/9780851995106.0409>.
17. Rahmawati A., Fariyanti A., & Rifin A. (2018). Spatial Market Integration of Shallot in Indonesia. *J. Manaj. dan Agribisnis*, 15, 3, 258–267. doi: 10.17358/jma.15.3.258. <http://doi.org/10.17358/jma.15.3.258>.
18. Сич З.Д., Коваленко Є.М. (2007). Класифікація вихідного матеріалу цибулі шалот методом багатомірної статистики в умовах Правобережного Степу України. *Овочівництво і баштанництво: міжнар. відом. тем. наук. зб.*, 53, 228–234.
19. Сыч З.Д. (1993). Методические рекомендации по статистической оценке селекционного материала овощных и бахчевых культур. Харьков: ИОБ УААН, 72 с.
20. Sych, Z.D., Kubrak, S.M. (2023). Біологічний потенціал цибулі шалот. Basic, less common and nontraditional plant species – from study to implementation (agricultural and biological sciences): Abstracts of the 7th International Scientific and Practical conference (within the framework of the 8th Scientific Forum «Science Week in Kruty–2023», March 2, 2023, Kruty village, Chernihivska Oblast, Ukraine) / RS «MAYAK» Institute of Vegetable and Melon Growing: 2 volumes. Obukhiv: Printing house FOP Huliaieva ,I, 277–281.
21. Sych Z. D., Kubrak S. M. (2023). Breeding value of shallot cultivars and local forms in terms of economic characters for the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ovochivnytstvo i Bashtannytstvo: interdepartmental scientific collection*, I 73, 40–48. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2023-73-40-49>.
22. Tabor G. (2018). Development of seed propagated shallot (*Allium cepa* L var. *aggregatum*) varieties in Ethiopia, *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, 240, 89–93. doi: 10.1016/j.scienta.2018.05.046.
23. Wulaisfan R., Musdalipah, & Nurhadiah (2018). Aktivitas Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans* Penyebab Karies Gigi. *J. Ilm. Farm. Farmasyifa*, 1, 2, 126–132. <https://doi.org/10.29313/jiff.v1i2.3769>.
24. Яковенко К. І. (2001). Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа. 369 с.

Kubrak S.M., Sych Z.D.

Evaluation of local varieties of shallots based on a set of valuable traits for the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Aim. To identify the best local varieties of shallots based on yield, adaptability, bulb weight and number of bulbs per “nest,” as well as leaf length and number of leaves under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field studies and computational-analytical methods. **Results.** The effects of environmental factors on yield, weight, and number of underground bulbs, as well as on the length and number of shallot leaves, were determined. The heaviest bulbs in a nest (26.9 g) were formed on plants of the local variety Sh-1, which originated from the Kyiv region. The lowest average weight was recorded in the local varieties Sh-5 (Kyiv region), Sh-7 (Dnipropetrovsk region), Sh-11 (Chernihiv region), and Sh-12 (Chernihiv region), where this indicator was 11.5, 10.7, 10.8, and 11.3 g, respectively. The highest yields were observed in samples from the Kyiv (Sh-1, Sh-2), Dnipropetrovsk (Sh-6, Sh-9), and Chernihiv regions (Sh-10)–30.8; 25.4; 19.6; 18.5; and 20.3 t/ha, respectively. For the Lira variety, which served as the control, this figure was 15.7 t/ha. The lowest yields were observed in samples Sh-4 (13.1 t/ha), Sh-7 (12.3 t/ha), Sh-11 (12.3 t/ha), Sh-13 (13.9 t/ha), and Sh-14 (13.5 t/ha). The best indicators for the number of leaves and their length were observed in local varieties from the Kyiv and Chernihiv regions—Sh-2 and Sh-10, respectively. On average, a single plant of these varieties had 41 and 38 leaves, respectively, with a leaf length of 36.2 and 36.6 cm. The variety that proved to be best adapted to the environmental conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine was the control variety Lira, along with two samples from the Kyiv region (Sh-1 and Sh-2) and two from the Dnipropetrovsk region (Sh-6 and Sh-7). Their Lewis stability coefficient was 1.2, indicating a high degree of adaptability, ecological stability, and resilience to changing climatic conditions. The local variety Sh-4 from the Kyiv region and Sh-12 from the Chernihiv region adapted the least well. Their stability index was 1.3. **Conclusions.** As a result of the conducted studies, shallot samples were identified with high bulb weight and number of underground bulbs, high crop yield, as well as the longest leaves and their highest number under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The best results for underground bulb weight (26.9 g) and yield (30.8 t/ha) were obtained from growing the Sh-1 sample originating from the Kyiv region. However, an average of only 3–4 bulbs formed per “nest.” The highest number of bulbs was observed when growing

the local varieties Sh-2 (Kyiv Oblast) and Sh-10 (Chernihiv Oblast)—5 bulbs. These two varieties also had the longest leaves and the highest number of them. A single plant of these varieties had 41 and 38 leaves, respectively, with a leaf length of 36.2 and 36.6 cm.

Key words: *yield, growing season, local varieties, bulb weight, leaf characteristics.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кубрак С.М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур, Білоцерківський національний аграрний університет, e-mail: kubraksweta@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3836-5940.

Сич З.Д., доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур, Білоцерківський національний аграрний університет, e-mail: zsyh@ukr.net, ORCID : 0000-0002-2780-2869.

Kubrak S.M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of Agricultural Crops, Bila Tserkva National Agrarian University, email: kubraksweta@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3836-5940.

Sych Z.D., Doctor of Agricultural Sciences, Professor in the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of Agricultural Crops, Bila Tserkva National Agrarian University, email: zsyh@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2780-2869.

Надійшла 19.02.2026

Прийнята до друку 21.04.2026

Опубліковано червень 2026

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА АГРОКЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

В.В. Камінська, В.М. Юла, М.А. Породько, О.Ф. Дудка

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Встановити та науково обґрунтувати ефективність різних технологій вирощування ячменю ярого та їх основних складових в умовах сучасних агрокліматичних змін шляхом порівняльної оцінки їх впливу на формування врожайності і стабільності виробництва, а також визначити найбільш адаптивні та ресурсоефективні технології для оптимізації вирощування культури. **Методи.** Польовий – для закладання багаторічного дослід з вивчення впливу біотичних і абіотичних чинників, вимірювально-ваговий – для обліку врожаю культури; порівняльний – для підрахунку залежності урожаю культури від погодних чинників; статистичний. **Результати.** Зроблено порівняльну оцінку ефективності технологій вирощування ячменю ярого впродовж 2021–2025 рр. за агрокліматичних змін в Правобережному Лісостепу. Встановлено рівень впливу погодних умов років досліджень та комплексу технологічних чинників на урожайність ячменю і показники економічної ефективності. Показано, що найбільш сприятливим виявився 2025 р., де погодні умови забезпечили формування найвищої (6,58 і 6,52 т/га) врожайності за технологій вирощування, які передбачали внесення мінеральних добрив у дозах $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$; $P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45(IV)}$ на фоні післядії побічної продукції попередника за інтегрованої системи захисту посівів. **Висновки.** У середньому за роки досліджень найвища технологічна стабільність ($V = 23,2\%$) була відмічена на варіанті технології із внесенням $P_{60}K_{60}N_{30}$ та підживленням азотом на IV е.о., де за врожайності 5,37 т/га окупність витрат була оптимальною. Зростання рівня інтенсифікації технології шляхом підвищення доз мінеральних добрив виявилось економічно недоцільним, оскільки веде до зниження показників рентабельності виробництва.

Ключові слова: погодні умови, варіанти технології вирощування, побічна продукція, мікродобрива, стимулятор росту, економічна ефективність.

Вступ. Ячмінь ярий є однією з провідних зернових культур, що відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої та кормової безпеки, а також є цінною сировиною для переробної промисловості. Висока адаптивність культури до різних ґрунтово-кліматичних умов, відносно короткий вегетаційний період і широкі можливості використання зумовлюють її значне поширення в аграрному виробництві України та світу.

Водночас сучасні агрокліматичні зміни, що проявляються у підвищенні показників температурного режиму, зміні характеру опадів, збільшенні частоти посух і інших стресових явищ, істотно впливають на ріст, розвиток та продуктивність ячменю ярого. За таких умов особливого значення набуває вдосконалення технологій вирощування, спрямованих на підвищення адаптивності рослин до умов середовища,

ефективне використання ресурсів і стабілізацію врожайності.

Сучасні технології вирощування ячменю ярого включають комплекс агротехнічних заходів, серед яких визначальними є система удобрення, обробіток ґрунту, підбір сортів, строки сівби, норми висіву, а також інтегровані системи захисту рослин. Ефективність цих елементів значною мірою залежить від конкретних ґрунтово-кліматичних умов та рівня інтенсифікації виробництва. У зв'язку з цим виникає необхідність у проведенні комплексної порівняльної оцінки різних технологічних заходів з метою визначення найбільш ефективних і адаптованих до сучасних змін клімату.

Актуальність дослідження зумовлена потребою у науковому обґрунтуванні вибору технологій вирощування ячменю ярого, які забезпечують не лише високий рівень врожайності, але й стабільність

виробництва за умов кліматичних змін. Особливу увагу при цьому приділяють підвищенню ефективності використання матеріально-технічних ресурсів, зниженню ризиків впливу несприятливих погодних чинників та інших факторів.

Метою досліджень є наукове обґрунтування ефективності різних варіантів технологій вирощування ячменю ярого та їх основних складових в умовах агрокліматичних змін шляхом порівняльної оцінки їх впливу на формування врожайності і стабільності виробництва, а також визначення найбільш адаптивних та ресурсоефективних із них для найповнішої реалізації потенціалу культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін значно зростає роль адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.). Зміни температурного режиму, нерівномірність опадів та зростання частоти екстремальних погодних явищ істотно впливають на продуктивність культури, що потребує вдосконалення елементів технології вирощування.

Зокрема, за результатами досліджень L. Hlisniakovský та ін. [1], проведених у довготривалому польовому досліді (1953–2023 рр.) встановлено, що врожайність ячменю ярого значною мірою залежить від поєднання кліматичних чинників і систем удобрення. Застосування мінеральних добрив (NPK) забезпечує підвищення врожайності до 4,9–5,5 т/га, за оптимальної дози азоту близько 55 кг/га. До того ж кліматичні показники (опадів у червні, температура в липні, сонячна радіація) визначають стабільність урожаю.

Дослідженнями Ali Yiğit та Frank-M. Chmielewski [2] щодо впливу кліматичної мінливості на формування врожайності ячменю ярого встановлено, що найбільші втрати врожаю спостерігаються у фазах колосіння та цвітіння за умов високих температур і дефіциту вологи. Кліматичні чинники визначають до 82% варіації врожайності, що свідчить про їх визначальну роль.

Важливим елементом технології є строки сівби та норми висіву. За даними Р.І. Климишеної [3], ранні строки сівби сприяють кращому використанню ґрунтової вологи та зниженню негативного впливу високих температур у період формування врожаю.

У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється удосконаленню як окремих елементів, так і технології вирощування загалом. Як зазначають

М.О. Ковальчук [4], І.В. Стаднюк [5], продуктивність ячменю ярого формується під впливом комплексу технологічних чинників, зокрема сорту, системи удобрення, строків сівби, норм висіву, максимальна ефективність яких досягається лише за умови комплексного поєднання всіх елементів технології, адаптованих до конкретних погодних умов.

Особливої актуальності, крім того, набуває питання оптимізації і збалансованості систем живлення, що підтверджується численними науковими дослідженнями.

На думку В.В. Лихочвора, О.С. Гораша [6], Т.М. Коваленко [7], оптимізація живлення ячменю ярого має базуватися на раціональному поєднанні макро- та мікроелементів. Авторами встановлено, що внесення збалансованих норм азоту, фосфору і калію у поєднанні з мікроелементами сприяє підвищенню не лише врожайності, а й якісних показників зерна.

М. А. Серіков [8], який дослідив можливості біологізації систем удобрення, стверджує, що застосування мікробних препаратів у поєднанні з органо-мінеральними добривами підвищує біологічну активність ґрунту, покращує засвоєння поживних речовин і дозволяє зменшити норми мінеральних добрив без втрати врожайності.

Важливим напрямом оптимізації технологій є застосування позакоренових підживлень [9; 10]. Зокрема, обприскування посівів мікроелементними композиціями у основні фази росту (кущення, вихід у трубку) забезпечує підвищення інтенсивності фізіологічних процесів, покращує ріст рослин і формування більш високої продуктивності, особливо за стресових умов (посуха, температурні коливання).

Продуктивність ячменю ярого, за твердженням В.С. Рудого [11], формується під впливом комплексної дії чинників, серед яких система удобрення займає провідне місце. Найвищі показники врожайності отримано за умов поєднання основного внесення добрив із підживленнями впродовж вегетації.

Т.О. Касаткіна та В.В. Гамаюнова В. В. [12] зазначають, що оптимізація умов живлення має бути адаптована до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, а також відмічають високу ефективність поєднання мінеральних добрив із регуляторами росту та антистресовими препаратами, що дає змогу підвищити стійкість рослин до несприятливих умов.

Дослідженнями А.Д. Гирки [13], встановлено, що ячмінь ярий характеризується високими вимогами до умов мінерального живлення особливо у періоди

кущення та формування зерна. Крім того, важливим залишається врахування показників винесення елементів живлення культурою, яка на формування 1 т зерна витрачає в середньому 19–22 кг азоту, 7–9 кг фосфору та 14–17 кг калію. Ці показники є основою для розрахунку систем удобрення з урахуванням повернення поживних речовин із рослинними рештками.

Тому, аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що в умовах кліматичних змін оптимізація технологій вирощування ячменю ярого має базуватися на основі інтегрованого підходу, який серед найважливіших складових передбачає удосконалення систем удобрення з урахуванням погодних умов, використання позакореневих підживлень, впровадження біологічних препаратів та адаптацію технологій до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Це зумовлює необхідність переходу до адаптивно-інтенсивних технологій вирощування ячменю ярого, які враховують регіональні агрокліматичні особливості та сприяють підвищенню стійкості агроєкосистем.

Матеріали, методи та умови проведення досліджень. Дослідження проводили на базі стаціонарного польового досліді відділу зернових колосових культур ННЦ «ІЗ НААН» упродовж 2021 – 2025 рр. на темно-сірих опідзолених ґрунтах, які характеризуються низьким умістом гумусу, дуже низьким рівнем забезпеченості лужногідролізованим азотом, високим вмістом рухомих форм фосфору, середнім – обмінного калію. Площа облікової ділянки 28 м², повторність досліді – чотириразова.

- Ячмінь ярий сорту МПП Шарм був висіяний після попередника соя.
- Схема досліді включала такі варіанти технологій:
- Побічна продукція попередника (фон) – контроль;
- Спрощена технологія (фон + органічне добриво (2,0 л/га);
- Ресурсоощадна технологія (фон + N₃₀P₃₀K₃₀);
- Ресурсоощадна технологія – (фон + N₃₀P₃₀K₃₀ + мікродобриво (0,5 л/га);
- Інтенсивна технологія (фон + P₆₀K₆₀N_{30+30(IV)});
- Інтенсивна енергонасичена технологія (фон + P₉₀K₉₀N_{45+45(IV)}).

Мінеральні добрива під ячмінь ярий використовували у формі аміачної селітри (34,5% д.р. азоту), суперфосфату простого гранульованого (19,5% д.р. P₂O₅), і калію хлористого (56% K₂O). Фосфорні

і калійні добрива вносили під основний обробіток, азотні – навесні під культивування та у фазі виходу в трубку (IVe.o.).

Усі варіанти технологій включали інтегровану систему захисту: протруювання насіння (протруювач + Біо-гель – 2л/т), внесення гербіцидів (III e.o) та фунгіцидів.

Згідно зі схемою досліді на VII етапі органогенезу проводили позакореневе підживлення органічним добривом Біо-гель (2,0 л/га) та мікродобривом Квантум Аміномакс 0,5 л/га.

Біо-гель – органічне добриво – адаптоген, до складу якого входять комплекс бактерій, пребіотиків, амінокислоти, вітаміни, жирні кислоти, макро- та мікроелементи, яке утримує вологу і забезпечує живлення у критично важливо стресових умовах.

Квантум аміномакс – комплексне добриво, що містить L – амінокислоти рослинного походження (20%) та збалансований комплекс макро- та мікроелементів (K, P, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, B), які захищають рослини від стресів.

Визначення врожайності основної та побічної продукції проводили поділянковим методом суцільного обліку прямим комбайнуванням. Бункерну масу зерна перераховували на врожайність з 1 га з урахуванням засміченості та вологості, які визначали за ДСТУ 4138-2002. Отримані дані підлягали математичній обробці методом дисперсійного аналізу. Економічну ефективність вирощування ячменю ярого розраховували за цінами 2025 р.

Погодні умови вегетаційного періоду ячменю ярого у 2021–2025 рр. характеризувалися значною мінливістю температурного режиму та вологозабезпечення. У квітні температура повітря коливалася в межах 8,7–10,0 °C, із відхиленнями від норми від –4,1 до +3,9 °C, а кількість опадів становила 25–67,2 мм (60–160% норми). У травні в більшості років спостерігався дефіцит опадів – від 0,4 до 63 мм (2023 р. – 43–120% норми), за температури 14,1–16,5 °C, що переважно було близьким або нижче норми. У червні часто відмічалось недостатнє зволоження (11,6–51,6 мм, або 27–70% норми), хоча в окремі роки (2024 р.) кількість опадів становила 125,6 мм (понад 170% норми), за перевищення температури на 1,1–4,0 °C. Липень характеризувався підвищеним температурним режимом – 20,1–25,4 °C (до +5 °C понад норму) та нестійким зволоженням (55–172% норми). В окремі роки (2023 р., 2025 р.) значна кількість опадів у липні (до 96–117 мм)

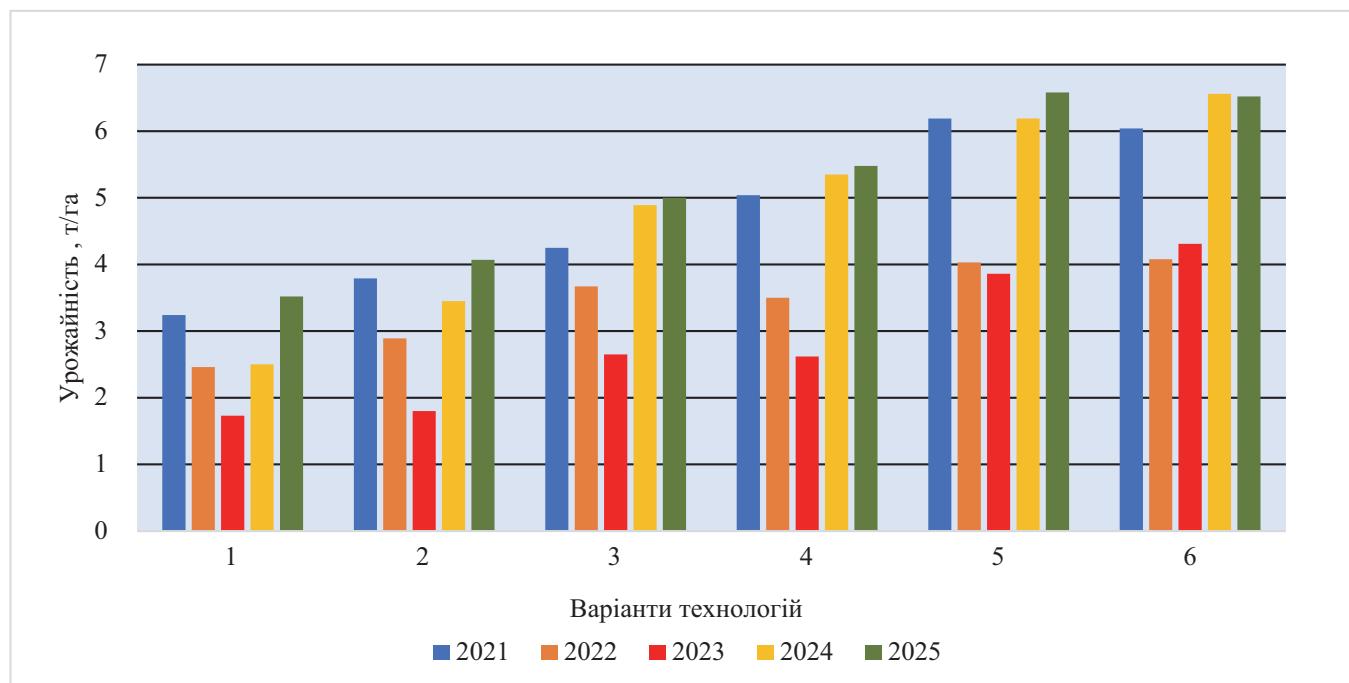


Рис. 1. Урожайність ячменю ярого залежно від технологій вирощування, 2021–2025 рр., т/га.

Варіанти технологій: 1 – побічна продукція попередника (ППП – фон) – контроль; 2 – фон + органічне добриво (2,0 л/га, VII е. о.); 3 – фон + $P_{30}K_{30}N_{30}$; 4 – фон + $P_{30}K_{30}N_{30}$ + мікродобриво (0,5 л/га, VII е. о.); 5 – фон + $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$; 6 – фон + $P_{60}K_{60}N_{45} + N_{45(IV)}$.

ускладнювала збирання врожаю. Впродовж періоду досліджень відмічено зростання частоти екстремальних погодних явищ, що негативно впливали на продуктивність ячменю.

Результати та їх обговорення. Продуктивність ячменю ярого протягом 2021–2025 рр. визначалася взаємодією між генетичним потенціалом сорту, погодними умовами, здатністю досліджуваних технологій та їх складових зменшувати негативний вплив кліматичних змін. Встановлено, що вона формувалася під комплексним впливом гідротермічних умов вегетації та рівня інтенсифікації технології вирощування. Впродовж періоду вегетації у всі роки досліджень метеорологічні чинники постали головним чинником коливань урожайності, де її показники на контрольному варіанті становили від 1,73 до 3,52 т/га, у варіанті технології з використанням органічного добрива на фоні побічної продукції попередника – від 1,80 до 4,07 т/га, а зі внесенням на аналогічному фоні $P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45(IV)}$ – від 4,08 до 6,56 т/га. Найбільш несприятливим для культури виявився 2023 р., коли поєднання пізньої сівби у третій декаді квітня з відсутністю опадів у травні призвело до сповільнення ростових процесів у фазі кущення та виходу в трубку. У цей період навіть високі дози добрив ($P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$; $P_{90}K_{90}N_{45} +$

$N_{45(IV)}$) не змогли повністю нівелювати стрес, хоча й забезпечили перевагу над технологіями з низькими дозами добрив. У протизагромаді цьому найбільш сприятливим виявився 2025 р., де рання сівба наприкінці березня дала можливість рослинам максимально ефективно використати весняну вологу та сформувати потужну кореневу систему, що в поєднанні з оптимальним температурним режимом у червні забезпечило формування максимальної врожайності на рівні 6,58 і 6,52 т/га (рис. 1).

Вирощування ячменю ярого є важливою складовою сучасного зернового виробництва, а рівень його продуктивності значною мірою визначається застосованими елементами технології, зокрема системою удобрення. Оптимальне поєднання органічних і мінеральних добрив, а також використання мікроелементів і підживлень у період вегетації дає змогу максимально реалізувати потенціал сорту та підвищити ефективність вирощування культури.

В основі досліджуваних варіантів технології вирощування передбачено поступове нарощування ресурсного забезпечення, де кожен наступний рівень інтенсифікації технології здатний збільшити урожайність культури.

Використання побічної продукції попередника (ППП) як базового фону (контроль) за вирощування

ячменю ярого сформувало не високу продуктивність, що є наслідком повільної мінералізації рослинних решток у посушливі весняні періоди (рис. 1, табл. 1).

Однак уже внесення органічного добрива (2,0 л/га) у фазі трубкування (VII е. о.) на фоні ППП забезпечило підвищення врожайності до 3,20 т/га, що на 0,53 т/га перевищувало контроль. Це підтверджує те, що органічна складова не лише постає як важливий енергетичний ресурс для мікрофлори, посилюючи доступність поживних речовин навіть за умов дефіциту вологи, а й володіє до того ж стимулювальними і антистресовими властивостями.

Використання в технологіях вирощування мінеральних систем удобрення є важливим елементом підвищення продуктивності. Зокрема, внесення мінеральних добрив у дозі $P_{30}K_{30}N_{30}$ сприяло істотному зростанню врожайності до 4,07 т/га. Приріст відносно контролю становив 1,40 т/га, а порівняно з варіантом із органічним добривом – 0,87 т/га, що вказує на потребу ячменю в легкодоступних формах макроелементів на основних етапах органогенезу, а також підтверджує висновок про те, що навіть помірні дози мінеральних добрив забезпечують значно вищу ефективність порівняно з органічними.

Важливим елементом технології є поєднання основного мінерального живлення з позакореновим внесенням мікродобрив у фазі трубкування ячменю (вар. 4). Додаткове внесення мікродобрива (0,5 л/га) на фоні $P_{30}K_{30}N_{30}$ підвищило врожай зерна до 4,40 т/га, за приросту відносно контролю

1,73 т/га; 1,20 т/га – відносно варіанта з органічним добривом та 0,33 т/га – порівняно з аналогічним варіантом без мікродобрива. Цей варіант технології сприяв кращому засвоєнню азоту та фосфору, що найбільш відчутно проявилось у 2024 р., коли приріст урожайності ячменю лише від мікродобрив сягав 0,46 т/га. Це підтверджує доцільність використання мікроелементів, що дає можливість рослинам ефективніше використовувати сонячну радіацію для фотосинтезу, як додаткового чинника підвищення продуктивності.

Подальше збільшення рівня мінерального живлення за інтенсивної технології вирощування ячменю до $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$ із розподілом дози азоту на передпосівне внесення та підживлення на IV етапі органогенезу дало змогу покращити надходження елементів живлення в період найбільшої потреби рослин у них. Виявлено, що доза $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$ є технологічним оптимумом, який покращує інтенсивність формування фотосинтетичного потенціалу та продовжує роботу прапорцевого листка. У середньому за роки досліджень цей варіант забезпечив врожайність 5,37 т/га, за приросту відносно контролю 2,70 т/га, порівняно з органічним варіантом – 2,17 т/га, а відносно технології з внесенням $P_{30}K_{30}N_{30}$ – 1,30 т/га, що свідчить про високу ефективність підвищених доз добрив.

Максимальний рівень урожайності – 5,50 т/га – було отримано за високоінтенсивної технології вирощування зі внесенням $P_{90}K_{90}N_{45}$ і додатковим підживленням N_{45} , де приріст порівняно з контролем становив 2,83 т/га, відносно варіанта з органічним

Таблиця 1. Ефективність елементів технологій вирощування ячменю ярого сорту МП Шарм, у середньому за 2021–2025 рр., т/га

№ вар.	Варіанти технології	Середня урожайність за 2021 – 2025 рр., т/га	Приріст, + т/га		
			до контролю	до варіанта з органічним добривом	доваріанта зі внесенням $P_{30}K_{30}N_{30}$
1	Побічна продукція попередника (ППП) – контроль	2,67	–	–	–
2	ППП + органічне добриво (2,0 л/га, VII е. о.)	3,20	0,53	–	–
3	ППП + $P_{30}K_{30}N_{30}$	4,07	1,40	0,87	–
4	ППП + $P_{30}K_{30}N_{30}$ + мікродобриво (0,5 л/га, VII е. о.)	4,40	1,73	1,20	0,33
5	ППП + $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$	5,37	2,70	2,17	1,30
6	ППП + $P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45(IV)}$	5,50	2,83	2,20	1,43
	НІР _{05, т/га}	0,38			

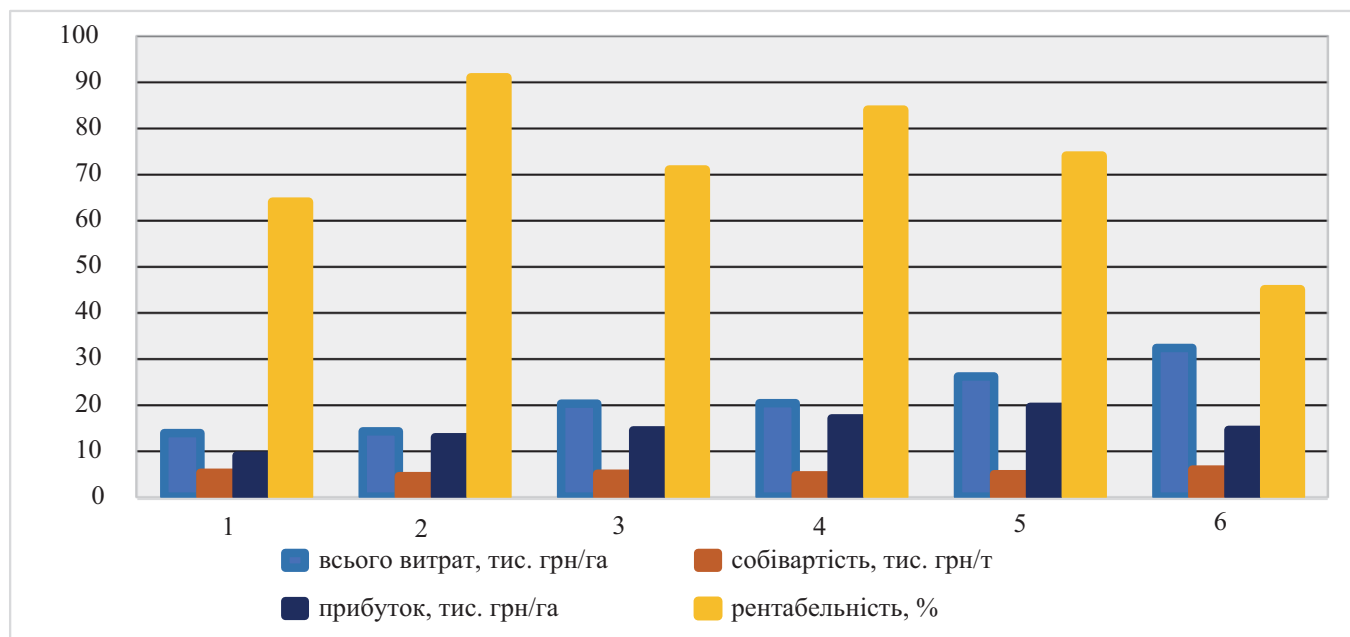


Рис. 2. Економічна ефективність технологій вирощування ячменю ярого сорту МІП Шарм, середнє за 2021–2025 рр. Варіанти технологій: 1 – побічна продукція попередника (фон) – контроль; 2 – фон + органічне добриво (2,0 л/га, VII е. о.); 3 – фон + $P_{30}K_{30}N_{30}$; 4 – фон + $P_{30}K_{30}N_{30}$ + мікродобриво (0,5 л/га, VII е. о.); 5 – фон + $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$; 6 – фон + $P_{60}K_{60}N_{45} + N_{45(IV)}$.

добривом – 2,20 т/га, а порівняно з внесенням $P_{30}K_{30}N_{30}$ – 1,43 т/га. Водночас, за збільшення доз до $P_{90}K_{90}N_{90}$ мало місце зниження окупності добрив урожаєм. Попри те, що у сприятливому 2024 р. цей варіант забезпечив абсолютний максимум – 6,56 т/га, середня різниця з попереднім варіантом технології ($P_{60}K_{60}N_{60}$) за п'ять років становила лише 0,13 т/га, що свідчить про зниження ефективності подальшого зростання доз добрив. І про те, що для досягнення врожайності понад 5,5 т/га лімітним чинником є не рівень мінерального живлення, а генетично зумовлена здатність сорту до накопичення сухої речовини та погодні умови.

Отже, аналіз отриманих результатів показав, що найвищу ефективність забезпечила інтенсивна технологія вирощування, яка базується на використанні побічної продукції попередника, внесенні мінеральних добрив дозою $P_{60}K_{60}N_{30}$ та додатковому підживленні азотом на IV етапі органогенезу. Саме роздрібне внесення азоту допомагає подовжувати роботу фотосинтетичного апарату в період формування колоса, що забезпечило в середньому за 2021–2025 рр. урожай зерна ячменю ярого на рівні 5,37 т/га.

Крім того, необхідно зазначити, що мінеральне живлення виступає не лише джерелом елементів, а й важливим адаптивним чинником, який у посушливі

роки (2021, 2023 рр.) допомагає отримувати врожай зерна у 2,2–2,5 раза вищий за контроль, гарантуючи стабільність виробництва незалежно від змін клімату. Поєднання ефективності систем удобрення з погодними умовами підтверджує закономірність того, що інтенсивні варіанти технологій максимально реалізують свій потенціал за умови достатніх червневих опадів, тоді як фосфорно-калійний фон є вирішальним для виживання посівів під час травневих посух.

Статистичний аналіз підтверджує закономірність, що формування врожаю ячменю ярого сорту Шарм на 39,3% визначається рівнем мінерального живлення, до того ж їх ефективність істотно (55,4%) корегується погодними умовами року. Оптимальним поєднанням високої врожайності та низької варіабельності ($V = 23,2\%$) характеризується варіант зі внесенням $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$, що рекомендовано як найбільш збалансований.

Найбільш стабільна реакція на елементи інтенсифікації спостерігалась у 2021, 2024 та 2025 рр., тоді як у посушливому 2023 р. ефективність мінеральних добрив дещо знижувалася, хоча й залишалася достовірною.

Оцінка економічної ефективності досліджуваних варіантів технологій вирощування ячменю ярого за 2021–2025 рр. свідчить про те, що кожен наступний

рівень інтенсифікації живлення істотно змінює собівартість зерна, де зростання прямих витрат на мінеральні добрива супроводжується відповідним приростом урожайності і збереженням високої прибутковості (рис. 2).

Варіант технології (контроль), що передбачає використання лише побічної продукції попередника, характеризується найнижчим рівнем виробничих витрат – 13,8 тис. грн/га і за середньої врожайності 2,67 т/га забезпечує низький (8,9 тис. грн/га) прибуток. Внесення органічного добрива (варіант 2) збільшує витрати на 400 грн/га, але завдяки приросту врожаю зерна на 0,53 т/га дає можливість отримати додатковий чистий прибуток на 4,0 тис./га більший (12,9 тис. проти 8,9 тис. грн/га), підвищуючи рентабельність до рівня 91%.

За вирощування ячменю ярого за ресурсощадних технологій (варіанти 3 і 4) має місце ріст витрат за рахунок збільшення вартості мінеральних добрив ($P_{30}K_{30}N_{30}$) та мікродобрив. Попри збільшення витрат, чистий прибуток на цих варіантах сягнув рівня 14,4 і 17,0 тис. грн/га за врожайності 4,07 і 4,40 т/га, а рентабельність становила 71 і 84%, що робить ці варіанти економічно доцільними для господарств із середнім рівнем ресурсного забезпечення. Мікродобрива, вартість яких сягає лише 3–5% у структурі витрат, у варіанті технології з їх використанням забезпечують окупність кожної вкладеної гривні у співвідношенні 1:4, що є високим показником економічної ефективності.

Інтенсивна технологія з внесенням під ячмінь мінеральних добрив у дозі $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$ за виробничих витрат, які становлять 26,1 тис. грн/га, забезпечує чистий прибуток на рівні 19,5 тис. грн/га і рентабельність виробництва – 74%. Водночас, технологія вирощування з максимальним рівнем інтенсифікації (варіант 6) підтверджує існування межі економічної ефективності. Витрати у цьому варіанті сягають 32,3 тис. грн/га через високі дози ($P_{90}K_{90}N_{90}$) внесених мінеральних добрив. За найвищої врожайності (5,50 т/га), чистий прибуток тут фактично не зростає порівняно з попереднім варіантом технології, а в окремі роки навіть дещо знижувався через

високу вартість додаткових 60 кг діючої речовини добрив. Внаслідок цього, рентабельність виробництва за даної технології сягала 45%, що свідчить про недоцільність додаткових витрат, які не забезпечують пропорційного зростання прибутку.

Отже, найбільш економічно виправданою та найбільшою є інтенсивна технологія вирощування ячменю + ярого з роздільним внесенням азоту (N_{30} восени + $N_{30(IV)}$) на фоні середніх ($P_{60}K_{60}$) доз фосфору та калію. Вона забезпечує найвищий рівень чистого прибутку та відповідну рентабельність, гарантуючи окупність витрат навіть за складних метеорологічних умов, а надмірна інтенсифікація призводить до перевитрати коштів без відповідного економічного ефекту.

Висновки

Встановлено, що в умовах Правобережного Лісостепу України продуктивність ячменю ярого сорту Шарм впродовж 2021–2025 рр. на 39,3% визначалася рівнем мінерального живлення, водночас їх ефективність істотно (55,4%) корегувалася погодними умовами року, де найбільш сприятливим виявився 2025 р.

Використання лише побічної продукції попередника не забезпечувало високої врожайності через низьку мінералізацію решток, тоді як додавання органічних та мікродобрив постало важливим адаптивним чинником, що активізувало мікрофлору та ферментативні процеси. Найвищу стабільність ($V = 23,2\%$) забезпечив варіант інтенсивної технології вирощування зі внесенням $P_{60}K_{60}N_{30}$ та додатковим підживленням азотом на IV етапі органогенезу, що дало змогу досягти врожайності 5,37 т/га за оптимальної окупності витрат. Подальше збільшення дози мінеральних добрив до $P_{90}K_{90}N_{90}$ за високоінтенсивної технології хоча і забезпечує максимальний урожай зерна (5,50 т/га), проте є економічно недоцільним, оскільки призводить до зниження рентабельності від 74% до 45%.

Отже, саме адаптивна інтенсивна технологія вирощування ячменю ярого ($P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$) є найбільш збалансованою, забезпечуючи стабільний чистий прибуток навіть за несприятливих погодних умов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hlisnikovský, L., Zemanová, V., Roman, M., Menšík, L., & Kunzová, E. (2024). Long-term study of the effects of environment, variety, and fertilisation on yield and stability of spring barley grain. *Plants*, 13(19), Article 2745.
2. Yiğit, A., & Chmielewski, F.-M. (2024). A deeper insight into the yield formation of winter and spring barley in relation to weather and climate variability. *Agronomy*, 14(7), Article 1503.

3. Климишена, Р.І. (2025). Урожайність зерна ячменю ярого залежно від впливу умов вегетації за різних строків сівби та технологічних факторів. *Новітні агротехнології*, 13(2), 1–10.
4. Ковальчук, М.О. (2023). *Продуктивність ячменю ярого залежно від елементів технології вирощування*. Житомир.
5. Стаднюк, І.В. (2023). *Формування врожайності ячменю ярого залежно від елементів технології вирощування*. Житомир.
6. Лихочвор, В.В., Гораш, О.С., & Потопляк, О.І. (2020). Урожайність ячменю залежно від елементів інтенсифікації технології вирощування. *Агроном*. <https://www.agronom.com.ua/urozhajnist-yachmenyu-zalezno-vid-elementiv-intensyfikatsiyi-tehnologiyi-vyroshhyvannya/>
7. Коваленко, Т.М. (2023). Вплив оптимізації живлення ячменю ярого на формування якості зерна. *Збірник наукових праць ВНАУ*, 10–15.
8. Серіков, М.А. (2024). *Біологізація систем оптимізації живлення ячменю в умовах Лівобережного Лісостепу України* (Дисертація кандидата сільськогосподарських наук). Харків.
9. Боб'юк, М.Ф. (2024). *Технологія вирощування ячменю ярого залежно від впливу позакоренових підживлень*. Тернопіль: ЗУНУ.
10. Короткова, І.В., Горобець, М.В., & Чайка, Т.О. (2021). Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник ПДАА*, 2, 20–30.
11. Рудой, В.С. (2024). Вплив систем удобрення на формування продуктивності ячменю ярого. *Дніпро*, 6–10, 19–24.
12. Касаткіна, Т.О., & Гамаюнова, В.В. (2018). Перспективи та особливості вирощування ячменю ярого на Півдні України. *Scientific Horizons*, 7–8(70), 131–138.
13. Гирка, А.Д. (2018). *Агробіологічні особливості вирощування ячменю ярого* (Дисертація кандидата сільськогосподарських наук), 20–25.

Kaminska V.V., Yula V.M., Porodko M.A., Dudka O.F.

Comparative assessment of the efficiency of spring barley growing technologies under agroclimatic changes in the Right-bank forest-step

Aim. To establish and scientifically substantiate the effectiveness of various spring barley growing technologies and their main components under conditions of modern agroclimatic changes by means of a comparative assessment of their impact on the formation of yield and stability of production, as well as to determine the most adaptive and resource-efficient technologies for optimizing crop cultivation. **Methods.** Field – for establishing a multi-year experiment to study the impact of biotic and abiotic factors, measurement and weighing – for recording crop yield; comparative – to calculate the dependence of crop yield on weather factors; statistical. **Results.** A comparative assessment of the effectiveness of spring barley growing technologies during 2021–2025 was made under agroclimatic changes in the Right-bank Forest-Steppe. The level of influence of weather conditions of the research years and a complex of technological factors on barley yield and economic efficiency indicators was established. It was shown that the most favorable year was 2025, where weather conditions ensured the formation of the highest (6.58 and 6.52 t/ha) yield under growing technologies that provided for the application of mineral fertilizers in doses of $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30(IV)}$; $P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45(IV)}$ against the background of the aftereffect of the by-products of the predecessor under an integrated crop protection system. **Conclusions.** On average over the years of research, the highest technological stability ($V = 23.2\%$) was noted in the technology variant with the introduction of $P_{60}K_{60}N_{30}$ and nitrogen fertilization at IV e.o., where at a yield of 5.37 t/ha the payback of costs was optimal. Increasing the level of intensification of technology by increasing doses of mineral fertilizers turned out to be economically inexpedient, since it leads to a decrease in production profitability indicators.

Key words: weather conditions, cultivation technology variants, by-products, microfertilizers, growth stimulant, economic efficiency.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Камінська В.В., кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: kamin.59@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0549-6581.

Юла В.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: tehnointensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Породько М.А., доктор філософії, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: mporodko279@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5930-0508.

Дудка О.Ф., науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: dudkaolena68@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2135-2032.

Kaminska V.V., candidate of agricultural sciences, senior researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: kam.59@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0549-6581.

Yula V.M., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, National Research Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: tehnointensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Porodko M.A., Ph.D., National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: mporodko279@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5930-0508.

Dudka O.F., researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: dudkaolena68@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2135-2032.

Надійшла 10.02.2026

Прийнята до друку 11.04.2026

Опубліковано червень 2026

**СИДЕРАТИ ЯК ЧИННИК ОПТИМІЗАЦІЇ АГРОХІМІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ****А.М. Ліщук, І.М. Городиська, Ю.А. Кравчук***Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)*

Мета. Обґрунтувати ефективність використання різних видів сидеральних культур як біологічного чинника відновлення родючості деградованих ґрунтів та оптимізації їхнього поживного режиму в системі органічного землеробства Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. на дослідних полях у зоні Лісостепу. **Схема досліду** передбачала вивчення впливу бобових (горох, вика яра), хрестоцвітних (гірчиця жовта, редька олійна) та айстрових (розторопша плямиста) культур на динаміку вмісту лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом), рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим). **Статистична обробка результатів** здійснювалася методом дисперсійного аналізу (ANOVA). **Результати.** Встановлено, що сидерація забезпечує істотне покращання азотного режиму ґрунту порівняно з чорним паром. Найвищу ефективність виявили бобові сидерати: використання гороху та вики ярої дало можливість підвищити вміст доступного азоту до 145–156 мг/кг ґрунту. Доведено високу фосфатмобілізувальну здатність розторопші плямистої та гороху, які забезпечили приріст вмісту рухомого фосфору відповідно на 22,55 і 19,61% відносно вихідного рівня. Щодо калійного режиму, зафіксовано здатність розторопші плямистої та редьки олійної стабілізувати запаси рухомого калію (приріст до 9,43–10,28%), запобігаючи його вимиванню. Дисперсійний аналіз підтвердив статистичну значущість впливу виду сидератів на накопичення елементів живлення ($p < 0,05$) та здатність сидерації нівелювати негативні наслідки кліматичних стресів (посухи). **Висновки.** Сидерація є високоефективним методом відновлення деградованих ґрунтів та мінімізації екологічних ризиків шляхом оптимізації їхнього агрохімічного стану. Застосування сидеральних культур є визначальним елементом живлення в органічних системах землеробства, що допомагає підвищити рівень забезпеченості ґрунту основними агрохімічними елементами (N, P, K). Для умов Лісостепу найефективнішими культурами для регенерації поживного режиму визначено вику яру, горох та розторопшу плямисту, використання яких забезпечує стабільне відтворення родючості без залучення синтетичних добрив.

Ключові слова: сидерація, органічне землеробство, родючість ґрунту, екологічні ризики, азотфіксація, фосфатмобілізація, Лісостеп.

Вступ. Сучасні стратегії розвитку агропромислового сектору України спрямовані на розширення площ під органічним виробництвом, що вимагає перегляду традиційних підходів до мінерального живлення культур. В умовах повної відмови від синтетичних добрив основним лімітувальним чинником продуктивності агроєкосистем стає дефіцит доступних форм макроелементів та прогресуюче підкислення ґрунтового розчину [1]. Для деградованих ґрунтів Лісостепу України характерним є розбалансування поживного режиму, що проявляється у низькому вмісті лабільних форм гумусу, порушенні агрофізичної структури та

низькій забезпеченості основними елементами живлення [2]. Це зумовлює пошук ефективних засобів біологічної мобілізації трофічних ресурсів.

Одним із найбільш доступних та технологічних шляхів вирішення цієї проблеми є сидерація, яка розглядається не лише як агротехнічний прийом, а як дієвий інструмент нівелювання екологічних ризиків, пов'язаних із деградацією агроценозів та втратою природної родючості [3]. Одним із найбільш доступних та технологічних шляхів вирішення цієї проблеми є використання сидеральних культур [4]. Їх використання дає змогу не лише накопичувати біологічний азот, а й

залучати у кругообіг важкодоступні сполуки фосфору та калію, що містяться у глибших шарах ґрунтового профілю [5]. Втім ефективність такого підходу істотно залежить від біологічних особливостей сидератів та їхньої здатності адаптуватися до умов конкретної агроєкосистеми.

Метою статті є дослідження динаміки вмісту макроелементів (N, P, K) за використання різних видів сидеральних культур у системі органічного землеробства та встановлення їхнього регенеративного потенціалу щодо відновлення родючості деградованих ґрунтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підтримання балансу поживних речовин в органічних системах є пріоритетним напрямом у працях багатьох науковців світу. Зокрема, Biswas S. та ін. [6] підкреслюють, що регенеративне управління біофільними елементами є фундаментом для оздоровлення ґрунту. Цю тезу розвиває Baruah R. [7], вказуючи на визначальну роль екологічно безпечних агротехнологій у відновленні здоров'я деградованих ґрунтів через оптимізацію мінерального живлення.

Згідно з дослідженнями Iderawumi A.M. та Kamal T.O. [8], зелені добрива постають основним чинником сільськогосподарської сталості, забезпечуючи пряме покращання фертильності ґрунту. Важливим механізмом тут є трансформація органічного вуглецю. Як зазначають Prairie A.M. та ін. [9], використання сидератів сприяє відновленню мінерально-асоційованого вуглецю, що забезпечує стабілізацію ґрунтової структури. Подібні результати отримали Li P. зі співавт. [10], встановивши, що ротація з використанням сидератів докорінно покращує біохімічні властивості та фракційний склад органічної речовини ґрунту.

Окрему увагу вчені приділяють довготривалому впливу фітомеліорації. Walker B.A. та ін. [11] довели, що систематичне використання сидеральних культур протягом десяти років трансформує не лише агрохімічні показники, а й мікробіоту ґрунту. Singh N.K. та ін. [12] у своїх оглядах наголошують, що досягнення тривалої родючості можливе лише через інтеграцію біологічних джерел живлення у систему землеробства.

Водночас Popescu E. та ін. [13], Musa I.O. та ін. [14] зосереджуються на необхідності пошуку нових підходів до регенерації ґрунтів. Вони розглядають процеси відновлення земель після мінерального виснаження та ерозії. Своєю чергою, Abbasi N.M. [15]

визначає органічне землеробство як єдиний шлях до збереження здоров'я ґрунту в довготривалій перспективі.

З огляду на сучасні концепції управління здоров'ям ґрунту, багато вчених стверджують, що розвиток інноваційних технологій органічного виробництва є необхідним чинником забезпечення продовольчої безпеки, оскільки саме такий підхід гарантує отримання високоякісної продукції та водночас сприяє регенерації природного потенціалу агроландшафтів в умовах прогресуючих змін клімату [16–18].

У вітчизняній науковій практиці зосереджено увагу на те, що в умовах Лісостепу України саме сидерати у короткоротаційних сівоzmінах є головним джерелом лабільного гумусу та доступних форм макроелементів [19; 20]. Біологізація системи удобрення через впровадження сидеральних культур є надзвичайно важливою для стабілізації поживного режиму та запобігання подальшій деградації ґрунтів [21–23].

Попри наявність численних досліджень, питання порівняльної агрохімічної ефективності традиційних (бобових, хрестоцвітних) та нетрадиційних айстрових (розторопша плямиста) сидеральних культур у динаміці відновлення деградованих ґрунтів залишається недостатньо вивченим. Необхідно встановити та обґрунтувати кількісні показники трансформації азотного, фосфорного та калійного режимів ґрунту під впливом різних фітомеліорантів. Особливої актуальності набуває необхідність проведення порівняльної оцінки та верифікація числових показників накопичення і мобілізації основних макроелементів (N, P, K) у ґрунті залежно від біологічного потенціалу сидеральних культур. Це дасть можливість визначити роль малопоширених фітомеліорантів у відновленні агрохімічного стану ґрунту та мінімізації екологічних ризиків деградації ґрунтів.

Матеріали та методи досліджень. Робота виконана відповідно до плану НДР Інституту агроєкології і природокористування НААН за завданням 06.02.01.01.Ф. «Науково-методичні основи регуляції екологічних ризиків деградованих ґрунтів України» (ДР № 0126U002420). Дослідження впливу сидеральних культур на агрохімічні показники ґрунту проводили протягом 2023–2025 рр. на базі Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАП НААН. Роботу виконували за методикою розгортання експерименту в часі та просторі на трьох суміжних полях (Поле №1, №2, №3), що забезпечило високу репрезентативність отриманих даних за різних

гідротермічних умов. Такий підхід дозволив щороку закладати нову серію дослідів та простежити повний цикл трансформації агрохімічних показників від фоновому стану до завершення вегетації сидеральних культур.

Територія дослідження розташована в зоні Правобережного Лісостепу України в південно-західній частині Київської обл. Технологія вирощування базувалася на регламентах органічного землеробства з повною відмовою від синтетичних добрив та пестицидів. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом типовим малогумусним крупнопилувато-середньосуглинковим.

Період досліджень характеризувався варіабельністю гідротермічного режиму: 2023 р. відзначився вологою навесні (квітень – 53,1 мм опадів) та посушливим серпнем; 2024 р. – дефіцитом зволоження у березні (7,5 мм); 2025 р. був оптимальним для вегетації сидеральних культур через інтенсивні опади у травні (83,5 мм).

Дослідження проводили у трипільній сівозміні (овес – сидеральний пар – пшениця озима «МІП Фортуна») в умовах сертифікованого органічного землеробства. Розміщення ділянок рандомізоване у триразовому повторенні (облікова площа – 300 м²). Схема включала 7 варіантів: контроль (чорний пар); горох посівний (товарний посів, винесення зерна); горох посівний (сидерат, заорювання повної біомаси); вика яра (сидерат); редька олійна (сидерат); гірчиця жовта (сидерат); розторопша плямиста (сидерат).

Посів сидеральних культур здійснювали у першій-другій декаді квітня, залежно від настання фізичної стиглості ґрунту. Регламент припинення вегетації та загортання біомаси залежав від виду культури: для бобових (горох, вика яра) – у фазі повного цвітіння (початок формування бобів); для хрестоцвітних (гірчиця жовта, редька олійна) – у фазі масового цвітіння; для розторопші плямистої – у фазі стеблуння (до моменту здерев'яніння тканин).

Перед закладанням досліду визначали вихідні (фонові) показники поживного режиму ґрунту. Відбір зразків (шар 0–20 см) проводили згідно з ДСТУ 4287:2004. Лабораторні дослідження виконували в Інституті агроекології і природокористування НААН за загальноприйнятими методами: лужногідролізований азот – за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015); рухомі сполуки фосфору (P₂O₅) та обмінного калію (K₂O) – за методом Чирикова в оцтовокислій витяжці (ДСТУ 4115-2002).

Механічний обробіток ґрунту та деструкцію сидератів проводили відповідно до стандартів органічного землеробства, що передбачають мінімізацію інверсії пласта. Технологічна схема включала подрібнення фітомаси з наступним поверхневим закладанням у верхній шар ґрунту для максимального збереження його біологічної активності.

Результати досліджень обробляли методом двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з визначенням найменшої істотної різниці за рівня значущості $p < 0,05$ (H_{IP05}). Математичну обробку та дисперсійний аналіз виконували з використанням програмного пакета STATISTICA 12.0 та MS Excel.

Результати та їх обговорення. На початку досліджень було проведено діагностику агрохімічного стану кожної дослідної ділянки. Встановлено, що ґрунтовий покрив всіх трьох ділянок (Поле №1, №2, №3) має чітко виражені ознаки хімічної деградації, спричиненої дисбалансом поживних елементів (N, P, K) внаслідок тривалого сільськогосподарського використання в умовах органічного землеробства без належного повернення органічної речовини.

Вплив сидерації на вміст рухомих сполук лужногідролізованого азоту в ґрунті. Результати аналізу фоновому стану ріллі свідчать, що вихідний вміст лужногідролізованого азоту коливається в діапазоні 119–122 мг/кг ґрунту (рис. 1). Згідно з класифікацією ННЦ «ІПА імені О.Н. Соколовського» [24] та нормативами ДСТУ 4362:2004, такі концентрації відповідають низькому рівню забезпеченості ґрунту азотом.

У варіантах без застосування сидерації (контроль – чорний пар) спостерігається тимчасова тенденція до підвищення вмісту лужногідролізованого азоту восени, що найбільш виражено проявилось у 2023 р. (144 мг/кг) та 2024 р. (136 мг/кг) порівняно з весняними фоновими показниками. Таке зростання концентрації доступних форм азоту в перший рік досліджень є прямим наслідком інтенсивної природної мінералізації ґрунтової органічної речовини за умов відсутності рослинного покриву та виносу елементів живлення культурами. Максимальний вміст доступного азоту зафіксовано після заорювання біомаси гірчиці жовтої (154 мг/кг), що на 10 мг/кг перевищило показник контролю та забезпечило найвищий відносний приріст за цей період (до +27,27%). Це підтверджує високу мінералізаційну здатність культури щодо трансформації органічних сполук азоту в легкодоступні мінеральні форми. Високу ефективність у цей рік також засвідчила вика яра, яка сприяла

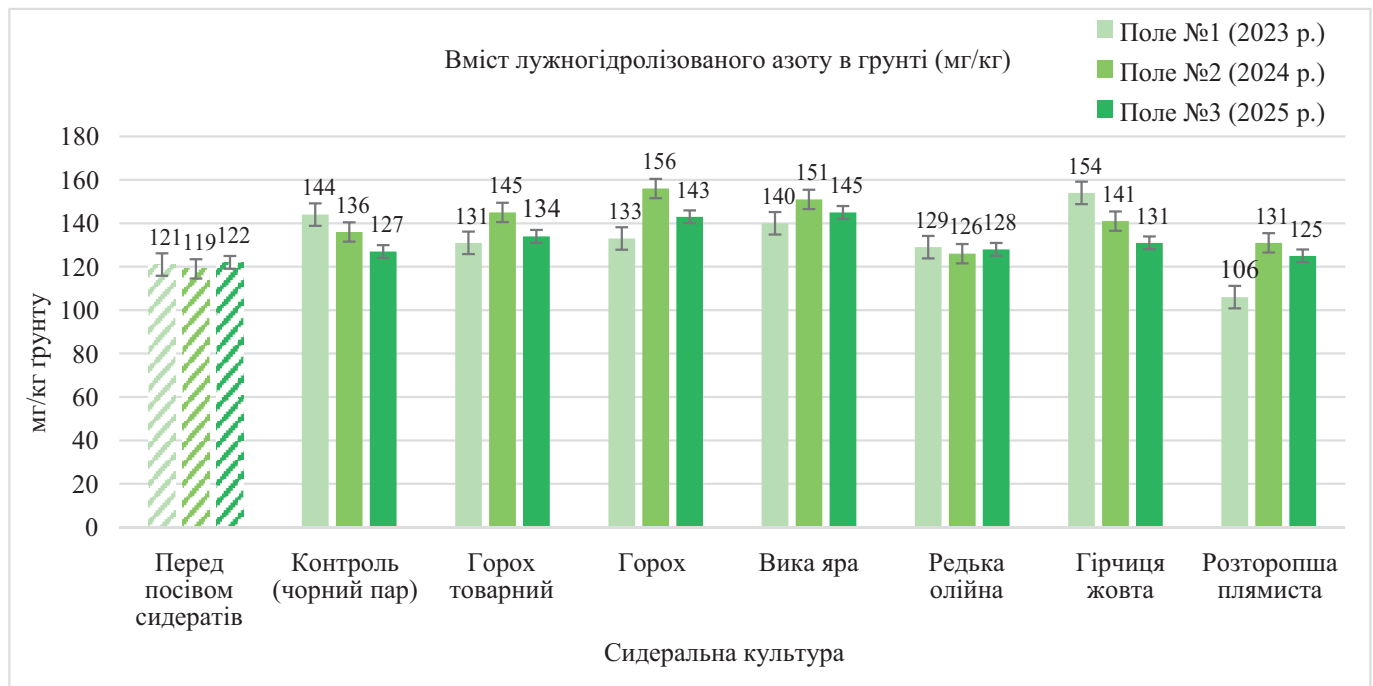


Рис. 1. Вплив сидеральних культур на вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті (мг/кг ґрунту)

Примітка. Власні дослідження.

накопиченню азоту в ґрунті (140 мг/кг). Натомість розторопша плямиста стала єдиним варіантом із від'ємним балансом (–12,40% від початкового рівня), що пояснюється інтенсивним споживанням азоту на побудову потужної вегетативної маси рослини без миттєвої компенсації через мобілізацію.

Експериментальний цикл 2024 р., що проходив за несприятливих гідротермічних умов (тривала посуха), характеризувався сповільненням процесів мінералізації. У цей період зафіксовано зниження вмісту доступного азоту в усіх варіантах із сидеральними культурами, що є закономірним наслідком інтенсивного винесення елемента рослинами на фоні дефіциту вологи. Однак, з огляду на уповільнену деструкцію органічних решток, моніторинг азотного режиму було продовжено навесні 2025 р. (після відновлення вегетації та активізації мікробіологічних процесів у ґрунті) та зафіксовано різке зростання вмісту лужногідролізованого азоту у ґрунті у всіх варіантах із застосуванням сидератів зі значним перевищенням порівняно з фоновим вмістом. Горох на сидерат забезпечив максимальний вміст азоту (156 мг/кг), який на 31,09% перевищував фоновий вміст, що підтверджує його високий мобілізаційний та азотфіксуювальний потенціал. Високі результати також показали сидерати: вика яра (150 мг/кг) та горох товарний (145 мг/кг). Таке весняне зростання вмісту азоту обумовлене інтенсивною мінералізацією поживних

решток сидератів та, у випадку бобових сидератів (горох, вика яра), додатковою біологічною фіксацією атмосферного азоту, який переходить у доступну для культурних рослин форму.

За результатами дослідження 2025 р., вика яра забезпечила максимальний приріст азоту на 18,85%, сягнувши рівня 145 мг/кг. Високі результати вмісту азоту також показали варіанти з сидеральним горохом (143 мг/кг) та горохом товарним (134 мг/кг). Показники вмісту цього елемента у варіантах із розторопшою плямистою (125 мг/кг) та редькою олійною (128 мг/кг) були наближені до контролю, що свідчить про їхній переважно мобілізуювальний, а не накопичувальний вплив на азотний режим ґрунту.

Отже, динаміка лужногідролізованого азоту протягом 2023–2025 рр. підтверджує, що сидеральні попередники є ефективним біологічним джерелом живлення в органічному землеробстві. Найвищий регенеративний ефект забезпечують бобові культури (вика яра, горох), які поєднують активну біологічну фіксацію атмосферного азоту з інтенсивною мінералізацією фітомаси. Сидерація постає визначальним механізмом регуляції азотного режиму за умов повної відмови від синтетичних добрив, забезпечуючи доступність елемента у фазі онтогенезу наступних культур.

Вплив сидерації на вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті. Дослідження фоновому стану перед закладанням досліду показали, що вміст рухомих

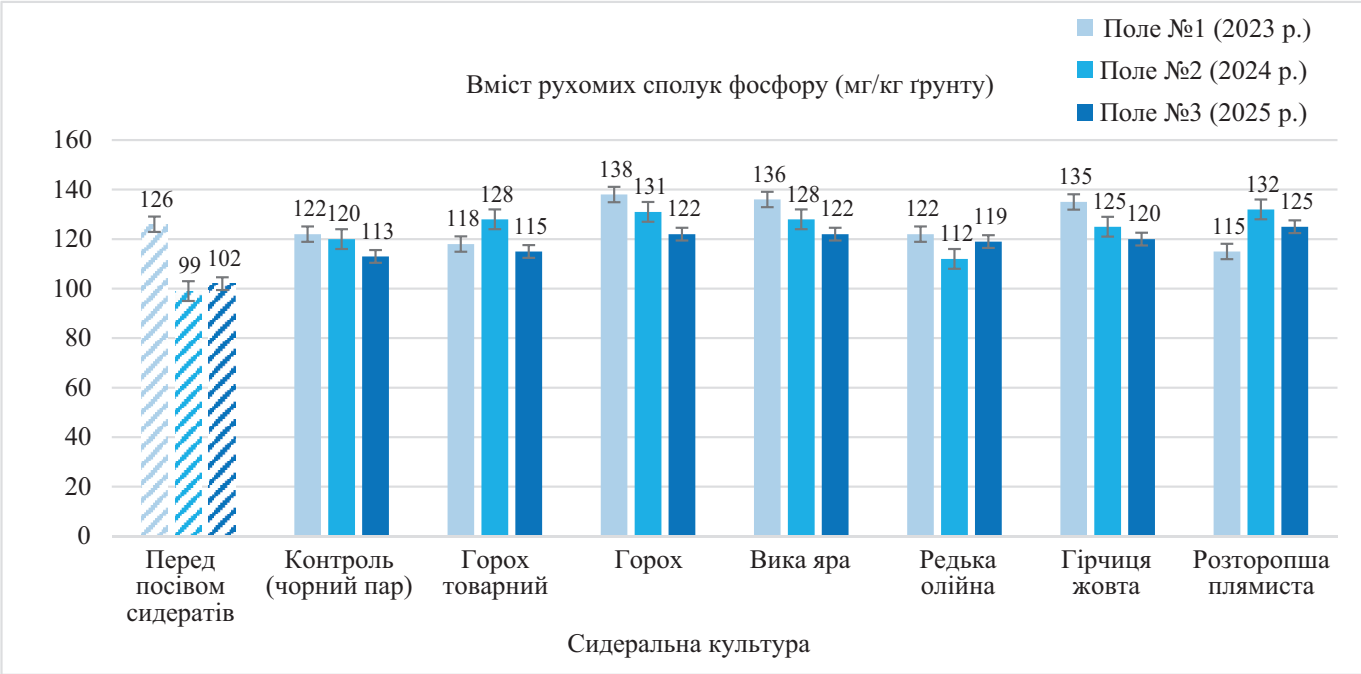


Рис. 2. Вплив сидеральних культур на вміст рухомих форм фосфору в ґрунті (мг/кг ґрунту)
Примітка. Власні дослідження.

сполук фосфору (P_2O_5) у ґрунті варіював залежно від ділянки: у 2023 р. – 126 мг/кг, у 2024 р. – 99 мг/кг, у 2025 р. – 102 мг/кг (рис. 2). Згідно з класифікацією ННЦ «ІА імені О.Н. Соколовського», такі показники відповідають середньому рівню забезпеченості ґрунту фосфором.

У перший рік досліджень (2023 р.) бобові сидерати засвідчили виражену фосфатмобілізувальну здатність. Максимальний вміст рухомого фосфору визначено у варіантах із горохом (138 мг/кг, приріст +9,52%) та викою ярою (136 мг/кг, приріст +7,94%). Гірчиця жовта також забезпечила істотне підвищення показника цього поживного елемента – до 135 мг/кг. Натомість на контролі (чорний пар) спостерігалось незначне зниження (на 3,17%) його вмісту – до 122 мг/кг. Особливо виражене вилучення фосфору з ґрунту зафіксовано у варіантах з розторопшею плямистою (115 мг/кг, винос сягає 8,73%), що зумовлено інтенсивним споживанням елемента для формування потужної вегетативної маси рослин на початкових етапах онтогенезу.

Вегетаційний період 2024 р., через дефіцит вологи, характеризувався уповільненням мінералізації органічних решток сидеральних культур, що призвело до загального зниження вмісту доступного фосфору восени в усіх варіантах. Однак уже навесні 2025 р., за оптимальних гідротермічних умов, зафіксовано інтенсивну мобілізацію елемента. На цьому

етапі виявився пролонгований ефект сидерації, за якого розторопша плямиста та горох на сидерат забезпечили максимальний вміст фосфору у ґрунті (132 та 131 мг/кг відповідно), що на понад 33,0% вище відносно фону. Такі показники свідчать про масову мінералізацію біомаси та активне переведення важкодоступних фосфатів у рухому форму після посушливого періоду.

У третій вегетаційний рік досліджень (2025 р.) встановлено стабільний накопичувальний ефект сидерації. Найвищу здатність до відновлення запасів рухомого фосфору (125 мг/кг) знову засвідчила розторопша плямиста, яка забезпечила абсолютний максимум приросту (22,55%) за весь період досліджень. Високу деструкційну та мобілізаційну здатність також підтвердили бобові сидеральні культури – горох та вика яра, які за вмістом P_2O_5 (по 122 мг/кг) перевищили фонові показники на 19,61%. Отримані результати дають можливість класифікувати їх як домінуювальні чинники біологічної оптимізації фосфорного режиму ґрунту деградованих ґрунтів.

Висока ефективність гороху та розторопші плямистої пояснюється специфікою їхніх кореневих ексудатів. Виділення органічних кислот (лимонної, оксалової) сприяє руйнуванню важкорозчинних фосфатів кальцію та деструкції органічних фосфоровмісних сполук [25]. Тому, сидерація постає визначальним біологічним активатором, що дає можливість долати

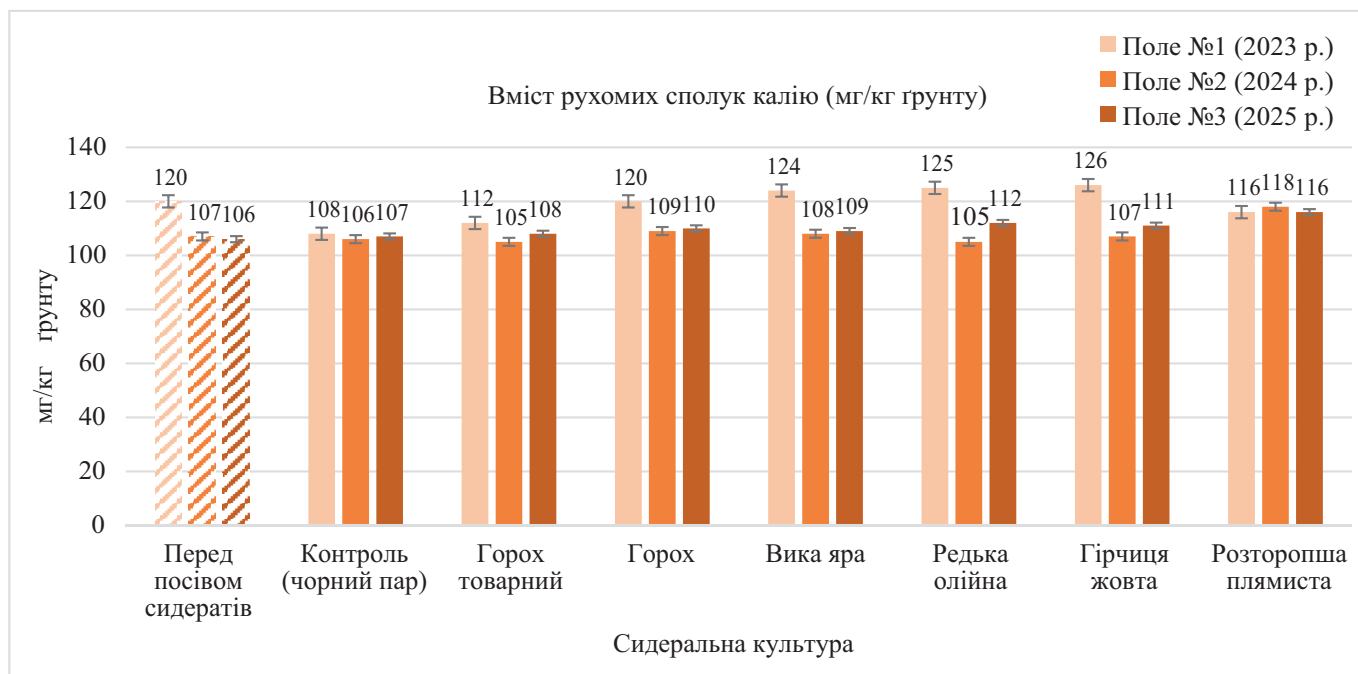


Рис. 3. Вплив сидеральних культур на вміст рухомих форм калію в ґрунті (мг/кг ґрунту)

Примітка. Власні дослідження.

дефіцит живлення в системах органічного землеробства без застосування синтетичних добрив.

Вплив сидерації на вміст рухомих сполук калію в ґрунті. Аналіз динаміки вмісту рухомих сполук калію (K_2O) протягом 2023–2025 рр. засвідчив загальну тенденцію до зниження його запасів, що є характерним для цього елемента через інтенсивне відчуження врожаєм та фіксацію ґрунтово-поглинальним комплексом. Вихідний вміст калію на дослідних ділянках перед початком дослідження становив: у 2023 р. – 120 мг/кг, у 2024 р. – 107 мг/кг, у 2025 р. – 106 мг/кг (рис. 3).

Результати першого року досліджень (2023 р.) підтвердили здатність сидеральних культур акумулювати обмінний калій, запобігаючи його вилугуванню. У контрольному варіанті (чорний пар) восени зафіксовано істотні втрати елемента (10,00%), за яких його вміст знизився до 108 мг/кг. Водночас сидеральні представники родини хрестоцвітих забезпечили максимальну концентрацію калію після заорювання біомаси: гірчиця жовтої (126 мг/кг – з приростом 5,00%) та редька олійна (125 мг/кг – з приростом 4,17%). Високу ефективність продемонструвала також вика яра (124 мг/кг). Натомість розторопша плямиста у цей період показала від'ємну динаміку (116 мг/кг) де винос калію рослинами становить 3,33%. Такі результати

вказують на переважання процесів споживання елемента над його мобілізацією на початкових етапах росту.

Вегетаційний цикл 2024 р., за несприятливих гідротермічних умов (посуха), характеризувався найбільш різким зниженням вмісту рухомого калію в усіх варіантах. Однак моніторинг навесні 2025 р. виявив інтенсивне відновлення калійного режиму внаслідок мінералізації зароблених у ґрунт органічних решток сидеральних культур. На цьому етапі розторопша плямиста забезпечила максимальний показник – 118 мг/кг, що відповідає найпотужнішому відносному приросту (10,28%) обмінного калію за рік. Ці показники істотно перевищують вміст елемента у контрольному варіанті (107 мг/кг, чорний пар). Представники бобових сидератів також свідчать про хоч і незначну, але позитивну динаміку накопичення обмінного калію в ґрунті з приростом у варіанті з горохом на сидерат – на 1,87%, та у варіанті з викою ярою – на 0,93%.

Дослідження 2025 р. також підтвердили кумулятивний ефект фітомеліорації, обумовлений накопиченням запасів обмінного калію завдяки сидератам порівняно з контролем. Максимальний приріст елемента встановлено у варіантах із розторопшею плямистою (9,43%) та редькою олійною (5,66%), за якого його вміст становив 112 і 116 мг/кг відповідно.

Високі показники калію забезпечили також гірчиця жовта (111 мг/кг) та горох (110 мг/кг).

Тому, комплексний аналіз динаміки основних поживних елементів ґрунту (азот, фосфор, калій) протягом трирічного дослідження довів високу регенеративну здатність сидерації порівняно з чорним паром. Це обумовлено тим, що сидеральні культури мінімізують винос елементів живлення та забезпечують їхній позитивний баланс у ґрунті. Розторопша плямиста та редька олійна є найбільш ефективними біологічними чинниками довготривалої стабілізації калійного режиму. Використання фітомаси сидератів є визначальним інструментом управління живленням рослин в органічному землеробстві, що дає змогу нівелювати негативні наслідки інтенсивної експлуатації ріллі та повністю компенсувати відсутність мінеральних добрив.

Статистична оцінка та дисперсійний аналіз факторів формування поживного режиму ґрунту. Для узагальнення впливу сидеральних культур на трансформацію поживного режиму ґрунту проведено двофакторний дисперсійний аналіз, який допомагає оцінити внесок виду сидеральної культури та умов року дослідження у формування агрохімічних показників ґрунту. Результати аналізу засвідчили статистично значущий вплив обох чинників на динаміку основних елементів живлення ($p < 0,05-0,001$). Встановлена значуща взаємодія чинників ($A \times B$) свідчить про залежність ефективності сидерації від гідротермічних умов року (табл.).

Для лужногідролізованого азоту (N) найбільший вплив має фактор виду сидеральної культури. Найвищі показники забезпечують переважно бобові культури, що пояснюється їхньою здатністю до біологічної фіксації атмосферного азоту та активною мінералізацією органічної маси. Водночас несприятливі погодні умови посушливого періоду змінюють інтенсивність цих процесів, що підтверджує значущість взаємодії чинників. Отримані результати вказують на провідну

роль біологічних механізмів у формуванні азотного режиму ґрунту в системі органічного землеробства.

Для рухомого фосфору (P_2O_5) більш вагомим виявився вплив умов року досліджень. Виражена зміна забезпеченості фосфором між роками, особливо після посушливого періоду, свідчить про високу залежність процесів мобілізації та мінералізації фосфоровмісних сполук від гідротермічного режиму. Водночас окремі сидеральні культури проявляють виражену фосфатмобілізувальну здатність, що вказує на важливу роль їхніх біологічних особливостей у покращанні фосфорного режиму ґрунту.

Найвищу залежність від погодних умов встановлено для рухомого калію (K_2O). Значущий вплив фактора року свідчить про високу чутливість калійного режиму до процесів вилугування, швидкості мінералізації рослинних решток та інтенсивності поглинання елемента рослинами. Сидеральні культури сприяють стабілізації калійного режиму, однак ефективність їхньої дії істотно змінюється залежно від умов року.

Отже, за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу доведено, що застосування сидерації є статистично значущим чинником ($p < 0,05$) поліпшення агрохімічного стану ґрунту порівняно з чорним паром. Окрім того, встановлено чітку функціональну диференціацію сидеральних культур у системі органічного землеробства: бобові сидерати (горох, вика яра) є пріоритетними для оптимізації азотного режиму, тоді як розторопша плямиста та хрестоцвіті культури виявляють вищу ефективність щодо мобілізації рухомих сполук фосфору та калію. Водночас результати математичного моделювання підтверджують, що реальний потенціал окремих фітомеліорантів визначається не лише їхніми біологічними особливостями, а й гідротермічними умовами року. Це обґрунтовує необхідність впровадження адаптивного підходу до вибору сидеральних попередників залежно від погодних стресів та цільових завдань регенерації поживного режиму деградованих ґрунтів.

Результати двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) впливу сидеральних культур та умов року на агрохімічні показники ґрунту

Показник	Фактор А (сидеральна культура)	Фактор В (рік дослідження)	Взаємодія $A \times B$
Азот лужногідролізований (N), мг/кг	$p < 0,01$	$p < 0,05$	значуща
Фосфор рухомий (P_2O_5), мг/кг	$p < 0,05$	$p < 0,01$	значуща
Калій рухомий (K_2O), мг/кг	$p < 0,05$	$p < 0,001$	значуща

Примітки. Фактор А – вид сидеральної культури; фактор В – гідротермічні умови року; $A \times B$ – взаємодія факторів.

Висновки

Встановлено, що сидерація є визначальним чинником підтримки азотного балансу ґрунту за відсутності мінеральних добрив в умовах органічного землеробства. Найвищу азотфіксувальну та мобілізаційну здатність продемонстрували бобові культури (вика яра та горох), які забезпечили зростання вмісту лужногідролізованого азоту до 145–156 мг/кг. Водночас на контролі (чорний пар) спостерігалось виснаження запасів азоту до 127 мг/кг через інтенсивну мінералізацію гумусу без його компенсації.

Найвищий потенціал регенерації запасів рухомих сполук фосфору підтверджено для сидератів розторопші плямистої та гороху, які забезпечили приріст елемента (до 22,55 та 19,61% відповідно) відносно вихідного рівня. Це зумовлено специфікою їхніх корневих ексудатів, які сприяють мобілізації важкодоступних фосфатів кальцію.

Сидеральні культури родини капустяних (гірчиця жовта, редька олійна) та розторопша плямиста забезпечили ефективну стабілізацію калійного режиму, запобігаючи його вимиванню з ґрунту. Максимальний відносний приріст (до 9,43–10,28% у 2024–2025 рр.) рухомого калію забезпечила розторопша плямиста,

що класифікує її як стабільний біологічний чинник калійної оптимізації.

Результати дисперсійного аналізу підтвердили високу буферну здатність сидерації щодо несприятливих гідротермічних умов. Попри домінуючий вплив фактора року на динаміку рухомих елементів (зокрема K_2O за $p < 0,001$), залучення у ґрунт фітотоксицидів сидератів забезпечує регенерацію його поживного режиму. Це обумовлено інтенсифікацією мікробіологічної деструкції органічних решток, що мінімізує негативні наслідки посухи.

Для умов органічного виробництва в зоні Лісостепу найбільш ефективними сидеральними попередниками для пшениці озимої визначено вику яру та горох (для оптимізації азотного режиму), а також розторопшу плямисту (для інтенсифікації мобілізації фосфору та калію). Використання зазначених культур забезпечує баланс агрохімічних показників ґрунту та мінімізує екологічні ризики, пов'язані з деградацією поживного фону та втратою біологічної активності ріллі. Це створює умови для отримання стабільних врожаїв сільськогосподарських культур у системах органічного землеробства без застосування синтетичних засобів, сприяючи екологічній стабілізації деградованих агроценозів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Городиська, І.М., & Кравчук, Ю.А. (2023). Сидерація – один з чинників збереження родючості ґрунту в органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування*, (4), 135–144. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292740>.
2. Дегодюк, Е.Г., Вітвіцька, О.І., & Дегодюк, Т.С. (2014). Сучасні підходи до оптимізації мінерального живлення рослин в органічному землеробстві. *Зб. наук. праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”*, 1–2, 33–39.
3. Ліщук, А.М., Городиська, І.М., Терновий, Ю.В., Кравчук, Ю.А. (2025). Вплив сидерації на агрофізичні властивості ґрунту в умовах органічного землеробства. *Збалансоване природокористування*, 4, 135–143. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2025.346184.
4. Цицюра, Я.Г., Неїлик, М.М., Дідур, І.М., & Поліщук, М.І. (2022). Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. *Вінниця : Видавець ТОВ «Друк», 770 с.*
5. Чмель, О.П., Круподеря, Ю.О., & Бондар, І.М. (2019). Сидерація як альтернатива органічним добривам і засіб збільшення продуктивності агроценозів. *Вісник ХНАУ. Сер.: “Рослинництво,*
6. *селекція і насінництво, плодощовівництво і зберігання”*, 2, 35–44. DOI: <https://doi.org/10.35550/ISSN2413-7642.2019.02.04>.
6. Biswas, S., Singh, S., & Bera, A. (2024). Regenerative nutrient management practices for enhancing plant nutrition and soil health. In *Regenerative agriculture for sustainable food systems* (pp. 303-339). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-6691-8_10.
7. Baruah, R. (2024). Restoring soil health of degraded lands through eco-friendly nutrient management practices in regenerative agriculture. In *Regenerative Agriculture for Sustainable Food Systems* (pp. 237-269). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-6691-8_8.
8. Iderawumi, A.M., & Kamal, T.O. (2022). Green manure for agricultural sustainability and improvement of soil fertility. *Farming and Management*, 7(1), 1–8. DOI : 10.31830/2456-8724.2022.FM-101.
9. Prairie, A.M., King, A.E., & Cotrufo, M.F. (2023). Restoring particulate and mineral-associated organic carbon through regenerative agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(21), e2217481120. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2217481120>.

10. Li, P., Jia, L., Chen, Q., Zhang, H., Deng, J., Lu, J., ... & Jiao, J. (2024). Adaptive evaluation for agricultural sustainability of different fertilizer management options for a green manure-maize rotation system: Impacts on crop yield, soil biochemical properties and organic carbon fractions. *Science of the Total Environment*, 908, 168170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168170>.
11. Walker, B.A., Powell, S.M., Tegg, R.S., Doyle, R.B., Hunt, I.G., & Wilson, C.R. (2023). Ten years of green manuring and biofumigation alters soil characteristics and microbiota. *Applied Soil Ecology*, 187, 104836. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104836>.
12. Singh, N.K., Sachan, K., Bp, M., Panotra, N., & Katiyar, E. (2024). Building soil health and fertility through organic amendments and practices: a review. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(1), 175–197.
13. Popescu, E., Nenciu, F., & Vladut, V. (2022). A new strategic approach used for the regeneration of soil fertility, in order to improve the productivity in ecological systems. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering, II*. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.landreclamationjournal.usamv.ro/pdf/2022/Art33.pdf>.
14. Musa, I.O., Samuel, J.O., Adams, M., Abdulsalam, M., Nathaniel, V., Maude, A.M., ... & Tiamiyu, A.G.T. (2024). Soil erosion, mineral depletion and regeneration. In *Prospects for soil regeneration and its impact on environmental protection* (pp. 159–172). Cham: Springer Nature Switzerland. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-53270-2_7.
15. Abbasi, N.M. (2025). Organic Farming and Soil Health: Strategies for Long Term Agricultural Sustainability. *Agricultural Innovation and Sustainability Journal* E-ISSN 3051-0325, 1(01), 25–32. URL: [file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%B-D%D1%82%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%B-D%D0%BD%D1%8F/Organic+Farming+and+Soil+Health+Strategies+for+Long-Term+Agricultural+Sustainability+\(1\)%20\(2\).pdf](file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%B-D%D1%82%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%B-D%D0%BD%D1%8F/Organic+Farming+and+Soil+Health+Strategies+for+Long-Term+Agricultural+Sustainability+(1)%20(2).pdf).
16. Ghosh, S., Saha, A., Kumar, S., & Pathania, S. (2024). Regenerative agriculture for climate change mitigation and food security. In *Regenerative agriculture for sustainable food systems* (pp. 83–133). Singapore: Springer Nature Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-6691-8_4.
17. Mohanty, S., Dash, P.K., Panda, N., Padhan, K., Sahoo, S.K., Sethi, D., ... & Mohapatra, K.K. (2024). Soil health: Concepts, principles and road maps for management in regenerative agriculture. *J Mod Agric Biotechnol*, 3. DOI: <https://doi.org/10.53964/jmab.2024011>.
18. Rempelos, L., Kabourakis, E., & Leifert, C. (2023). Innovative organic and regenerative agricultural production. *Agronomy*, 13(5), 1344. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13051344>.
19. Балаєв, А., Тонха, О., Піковська, О., Гаврилюк, М., & Шеметун, К. (2020). Гумусованість і фізико-хімічні властивості чорноземів Лісостепу за мінімізації обробітків і біологізації системи удобрення. *Вісник аграрної науки*, 98(11), 24–31. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-03>.
20. Примак, І.Д., Войтовик, М.В., Устинова, Г.Л., Ображій, С.В., & Панченко, О.Б. (2025). Біологізація систем удобрення зернопросапної сівозміни у Правобережному Лісостепу України. *Агробіологія*, 1, 130–140. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-130-140>.
21. Демиденко, О. (2022). Родючість чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення в агроценозі Центрального Лісостепу. *Вісник аграрної науки*, 100(3), 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-01>.
22. Войтовик, М.В. (2023). Накопичення післяжнивних решток у ґрунті в короткочасних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 73(1), 42–56. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(73\)-1-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(73)-1-3).
23. Газуда, Л.М., Газуда, С.М., & Лукіта, О.Ф. (2023). Засади формування біодинамічного аграрного господарювання. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*, 1(61), 56–62. DOI: [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1\(61\).56-62](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1(61).56-62).
24. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (керівний нормативний документ); за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. К., 2013. 104 с.
25. Пати́ка, В.П., Колі́сник, С.І., Коць, С.Я., Воробей, Н.А., & Каліні́ченко, А.В. (2024). Вплив біологічних азоту і фосфору на фізіологічні процеси та продуктивність сочевиці. *Фізіологія рослин і генетика*, 56(1), 43–59. <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.043>.

Lishchuk A.M., Horodyska I.M., Kravchuk Yu.A.

Green manure crops as a factor in optimizing soil agrochemical properties under organic farming

Aim. To substantiate the effectiveness of various green manure crops as a biological factor for restoring the fertility of degraded soils and optimizing their nutrient regime within the organic farming system of the Ukrainian

Forest-Steppe. Methods. The research was conducted during 2023–2025 in the Forest-Steppe zone. The experimental design involved studying the impact of legumes (pea, common vetch), crucifers (white mustard, oil radish), and non-traditional crops (milk thistle) on the dynamics of alkali-hydrolyzable nitrogen (by Cornfield), as well as available phosphorus and potassium compounds (by Chirikov). Statistical analysis was performed using the analysis of variance (ANOVA) method. **Results.** It was established that green manuring provides a significant improvement in the soil nitrogen regime compared to the bare fallow. Legume green manures showed the highest efficiency: the use of peas and common vetch increased the available nitrogen content to 145–156 mg/kg of soil. The high phosphate-mobilizing capacity of milk thistle and pea was proven, providing an increase in available phosphorus content by 22.55% and 19.61%, respectively, relative to the baseline. Regarding the potassium regime, the ability of milk thistle and oil radish to stabilize available potassium reserves was recorded (increase up to 9.43–10.28%), preventing its fixation and leaching. The analysis of variance confirmed the statistical significance of the crop type effect on nutrient accumulation ($p < 0.05$) and the ability of green manuring to mitigate the negative consequences of climatic stresses (drought). **Conclusions.** Green manuring is a highly effective method for restoring degraded soils and minimizing environmental risks by optimizing their agrochemical state. The application of green manure crops is a decisive nutritional element in organic farming systems, allowing for an increase in soil supply levels of essential agrochemical elements (N, P, K). For the conditions of the Forest-Steppe, common vetch, pea, and milk thistle were identified as the most effective factors for biologization and nutrient regime regeneration, the use of which ensures stable fertility reproduction without the involvement of synthetic fertilizers.

Key words: green manuring, organic farming, soil fertility, environmental risks, nitrogen fixation, phosphate mobilization, Forest-Steppe.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Лішук А.М., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування НААН, e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8339-9365.

Городиська І.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу підготовки наукових кадрів та методично-інформаційного забезпечення, Інститут агроєкології і природокористування НААН, e-mail: anni0479@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1580-3450.

Кравчук Ю.А., аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН, директор ДП ДГС «Сквирське» ДІАП НААН, e-mail: krav4uck81@gmail.com, ORCID: 0009-0003-6878-7700.

Lishchuk A.M., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of the Laboratory of Biocontrol of Agroecosystems and Organic Production, Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8339-9365.

Gorodyska I.M., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Scientific Personnel Training and Methodological and Information Support, Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, e-mail: anni0479@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1580-3450.

Kravchuk Yu.A., postgraduate student, Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, Director of the State Enterprise Research Farm “Skvyrsk” Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, e-mail: krav4uck81@gmail.com, ORCID: 0009-0003-6878-7700.

Надійшла 13.02.2026

Прийнята до друку 10.04.2026

Опубліковано червень 2026

ОЦІНКА ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ У КОНТРОЛЬНОМУ РОЗСАДНИКУ ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ, ЯКІСТЮ ЗЕРНА ТА ХЛІБОПЕКАРСЬКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Л.М. Голик, М.І. Штакал, О.С. Левченко,
Н.В. Симоненко, С.Ф. Іващенко, Н.Г. Друковська
ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Провести комплексну оцінку і виділити кращі селекційні лінії пшениці озимої за врожайністю, показниками якості зерна та лабораторної випічки хліба із пшеничного борошна для подальшого використання нового вихідного матеріалу в селекційному процесі. **Методи.** Польові дослідження проводили згідно з відповідними методиками оцінки за цінними господарськими ознаками; лабораторні – за використання безопарного методу лабораторної випічки хліба із пшеничного борошна. **Методом інфрачервоної спектроскопії** визначали показники якості зерна. **Результати.** Найвищу врожайність зерна у контрольному розсаднику пшениці озимої мали лінії Лютесценс 90-25 (10,1 т/га); Лютесценс 190-18 (9,7 т/га); Еритропермум 74-25 і Еритропермум 31-18 (по 8,5 т/га); Еритропермум 516-18 і Лютесценс 369-13 (по 8,4 т/га); Еритропермум Пф 8-21 (8,3 т/га); Лютесценс 448-15 (8,1 т/га). Відхилення за врожайністю у ліній від середнього значення по досліді (6,7 т/га) варіювало від 0,6 до 3,4 т/га. Приріст урожайності порівняно до цінного за хлібопекарською якістю сорту стандарту Поліська 90 варіював від 2,1 до 4,9 т/га, а до зимостійкого стандарту Альбідум 114 від 0,1 до 2,9 т/га. Перевищення за показниками врожайності і якості зерна відмічено у ліній Лютесценс 90-25, Лютесценс 190-18, Еритропермум 74-25. Лютесценс 369-13, Лютесценс 448-15. Показники «Оцінки хліба» у кращих за врожайністю 11-ти ліній пшениці варіювала від 3,6 бала у Еритропермум 31-18 до 4,5 бала у Лютесценс 369-13 і Лютесценс 448-15. **Висновки.** За результатами проведених оцінок у 2025 р. контрольного розсадника пшениці озимої виділено кращі лінії: Лютесценс 369-13; Лютесценс 90-25; Лютесценс 190-18; Лютесценс 448-15; Еритропермум 74-25 за вмістом протеїну та клейковини; Лютесценс 448-15, Лютесценс 369-13, Еритропермум 81-25, Еритропермум 78-25, Еритропермум 73-25, Лютесценс 98-25, Еритропермум 79-25, Еритропермум 74-25, Еритропермум Пф 8-21, Лютесценс 190-18 за вищим приростом оцінки хліба та його об'єму до стандарту Поліська 90; Лютесценс 448-15; Лютесценс 369-13; Еритропермум 74-25; Лютесценс 190-18; Лютесценс 90-25 за максимальною «оцінкою хліба» (4,2–4,5 балів) і високою врожайністю (8,1–10,1 т/га).

Ключові слова: продуктивність, протеїн, крохмаль, клейковина, седиментація, об'єм і оцінка хліба.

Вступ. Пшениця м'яка озима одна з основних продовольчих культур, яка вирощується на великих площах усіх континентів земної кулі. Серед багатьох показників якості пшениці найважливішою безумовно є хлібопекарська якість борошна, або здатність борошна давати хліб високого об'єму з пишним шпаристим м'якушем та відмінними смаковими властивостями [1]. Встановлено безперечний вплив на хлібопекарські властивості борошна чинника року, проте й генотип сорту істотно впливав на шпаристість м'якуша, об'єм та загальну оцінку хліба пшениці

м'якої озимої [2]. Генетичний потенціал існуючих сучасних сортів досить високий, але реалізація його значною мірою залежить від умов вирощування [3–6]. Внаслідок зміни погодних умов, дефіциту добрив, особливо у воєнний період в Україні, врожайність та показники якості зерна пшениці озимої значно знизилися. Втім і на сьогодні галузь рослинництва розвивається інтенсивним шляхом, а тому важливим питання є створення та впровадження у виробництво високопродуктивних, стійких до несприятливих чинників навколишнього середовища сортів пшениці

озимої. Величина зниження врожайності сорту за роками вирощування залежить від його адаптаційних властивостей, які переважно можна виявити в процесі селекції за вирощування на різних агроекологічних фонах, де селекціонер може відібрати генотипи з бажаними ознаками і властивостями [7–9]. Тому створення сортів стійких до несприятливих абіотичних і біотичних чинників є першочерговим завданням селекціонерів.

Мета досліджень. Провести комплексну оцінку і виділити кращі селекційні лінії пшениці озимої за врожайністю, показниками якості зерна та лабораторної випічки хліба із пшеничного борошна для подальшого використання нового вихідного матеріалу в селекційному процесі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До сучасних сортів сільськогосподарських культур, зокрема і пшениці, пред'являються дуже високі вимоги. Поєднання в одному сорті комплексу бажаних властивостей і ознак успішно може вирішувати шляхом залучення до схем схрещування низки сортів та ліній з екологічною різноманітністю даного виду. Необхідно відмітити, що сорти і лінії рослин є пристосованими до певних ґрунтово-кліматичних умов вирощування завдяки дії природного і штучного добору, тобто в різних екологічних зонах формуються відповідні їм екотипи рослин [10–12]. Створюючи вихідний селекційний матеріал, науковці вирішують складне завдання комбінування в одному генотипі ознак високої продуктивності і якості продукції зі стійкістю до різних несприятливих чинників [13]. Наразі серед усіх основних завдань селекції пшениці напрям на поліпшення якості зерна набуває дедалі більшого значення [14; 15]. Успіх селекції пшениці на якість зерна значною мірою залежить від методів проведення оцінок його технологічних властивостей, що допомагає виявляти генетично обумовлені відмінності між лініями за показниками якості на ранніх етапах селекції [16]. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між показниками седиментації та сили борошна і розрідження тіста, а також між об'ємом хліба та силою борошна і вмістом клейковини [17]. Одні дослідники пропонують проводити добір кращих ліній на початкових етапах селекційного процесу за показниками клейковини і набухання борошна [18]. Інші науковці – здійснювати відбір кращих за якістю зерна форм пшениці за показниками седиментації і сили борошна методом оцінки на приладі альвеограф. Селекція пшениці озимої

на підвищення вмісту протеїну в зерні і поліпшення фізичних властивостей клейковини ускладнюється тим, що генетична природа цих важливих властивостей вивчена мало [19; 20]. Вважають, що показники якості зерна пшениці (вміст клейковини і сила борошна) в більшості випадків знаходяться у прямій залежності від вмісту білка в зерні, а якість білка визначає поживну цінність та технологічні властивості зерна [21]. Академік М.А. Литвиненко з дослідниками Є.А. Голуб і Р.І. Литвиненко встановили, що останнім часом середній вміст білка зерна пшениці озимої становить 9,5–12,5%, а клейковини 18,0–24,0%, що відповідає реалізації тільки 50–60% генетичного потенціалу здатності їх накопичення у сучасних сортів [22]. Тому на сьогодні є актуальним завданням провести вивчення та виділити високопродуктивні селекційні лінії пшениці озимої з кращими порівняно із сортами-стандартами показниками якості зерна і хлібопекарськими властивостями борошна для використання у подальшій селекції з метою створення сортів з поєднанням максимально можливого рівня врожайності та покращанні якості продукції.

Матеріали та методи досліджень. Польові досліді з вивчення сортів і ліній пшениці озимої контрольного розсадника були закладені в селекційній сім'ї ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл.). За період вегетації пшениці озимої у контрольному розсаднику 2025 р. проводили оцінки за цінними господарськими ознаками 32 ліній селекції ННЦ «ІЗ НААН», (згідно з виконанням завдання МОН). З них 85% ліній це номери 2025 р. Втім 15% ліній за минулі роки виокремлені за цінними ознаками і зберігалися як страхфонд та були висіяні у контрольному розсаднику повторно як цінний вихідний матеріал. За стандарт використовували середнє значення по досліді та кращі за хлібопекарською якістю сорт Поліська 90 і за зимостійкістю лінія Альбідум 114. Ділянки контрольного розсадника не обробляли інсектицидами та фунгіцидами з метою добору стійких проти хвороб і шкідників селекційних ліній.

Моніторингові обстеження селекційного матеріалу здійснювали згідно з відповідними методиками проведення оцінок за цінними господарськими ознаками. Методом інфрачервоної спектроскопії на приладі Infratec-1241 виконували аналізи за якістю зерна. Для оцінки хлібопекарських якостей з кожної лінії відбирали зразок зерна і проводили лабораторну випічку хліба безопарним методом. Спечений

хліб відстоювали та здійснювали аналіз якості через 16–20 год.

Погодні умови у 2025 р. мали помірно вологі умови, коефіцієнт ГТК становив 1,06. Липень був надмірно вологим (ГТК-1,69). Аналіз взаємозв'язку між середнім гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) та врожайністю озимої пшениці показав, що продуктивність значною мірою визначається умовами вологості протягом вегетаційного періоду.

Результати та їх обговорення. За результатами досліджень встановлено, що за врожайністю зерна десять селекційних ліній контрольного розсадника перевищували показники обох стандартів, які у лінії Альбідум 114 становили 7,2 т/га, а у сорту Поліська 90 – 5,2 т/га (табл. 1). У середньому по досліді врожайність зерна становила 6,7 т/га, що вище за

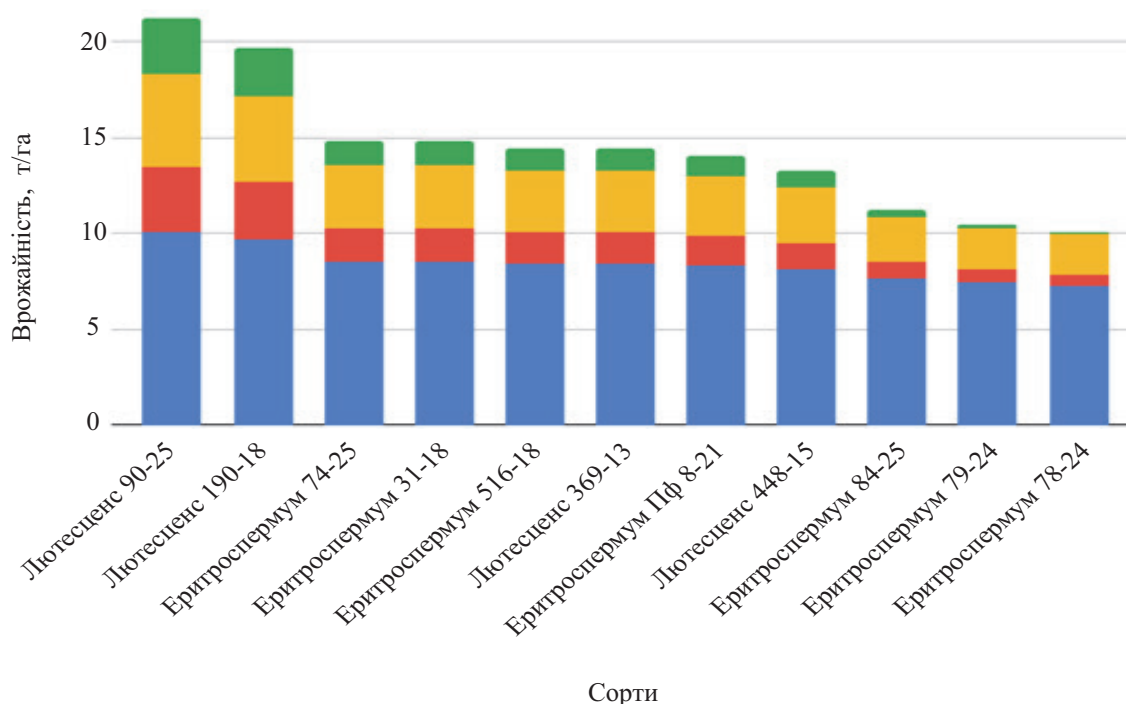
показники сорту Поліська 90 (стандарт за хлібопекарською якістю) та нижче за показники лінії Альбідум 114 (стандарт за зимостійкістю). Коефіцієнт варіації за показниками врожайності мав значне 22,6%, що свідчить про сильну мінливість селекційних ліній за цією ознакою.

Аналіз за показниками якості зерна показав, що вміст у зерні протеїну, клейковини та інших важливих речовин був відносно низьким. Це обумовлено низьким агрофоном, а саме вирощуванням селекційного матеріалу без внесення добрив. Вміст протеїну у сорту стандарту пшениці озимої Поліська 90 становив 9,8%, клейковини – 14,5%, крохмалю – 70,6%, седиментація за Зелені – 26,7 %, та врожайність – 5,2 т/га. Перевищували стандарт за вмістом протеїну і клейковини лінії Лютесценс 369-13 Миронівська

Таблиця 1. Урожайність і показники якості зерна у кращих селекційних лініях пшениці озимої контрольного розсадника, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

Сорт, лінія	Урожайність, т/га	Показники якості зерна, вміст, %			
		протеїн	крохмаль	клейковина	седиментація – Зелені
Альбідум 114, стандарт	7,2	9,9	71,0	12,7	28,5
Поліська 90, стандарт	5,2	9,8	70,6	14,5	26,7
Лютесценс 90-25 І. д. TNMU /6/GER 80111 GER 81165 ... з ярої пшениці мексикан- ського походження за сівби під зиму	10,1	10,9	68,9	15,2	27,6
Лютесценс 190-18 Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай	9,7	10,9	68,6	16,2	28,5
Еритроспермум 74-25 Єрмак/Миронівська 61/3/ Поліська 87 /2/ Зерноградка 3	8,5	10,8	70,6	16,6	29,4
Еритроспермум 31-18	8,5	9,0	70,1	12,5	24,4
Еритроспермум 516-18	8,4	9,7	69,5	13,0	27,1
Лютесценс 369-13 Миронівська ранньостигла / Миронівська 61	8,4	12,4	69,3	20,1	37,9
Еритроспермум Пф 8-21 Самурай / Водограй	8,3	8,7	68,7	11,9	19,2
Лютесценс 448-15 Поліська 92 / ППГ	8,1	10,9	69,1	15,7	31,0
Еритроспермум 84-25 Донской простор // BRBT 1*2/Kiritati	7,6	8,7	68,7	13,7	23,4
Еритроспермум 79-24 Боровій / Walton	7,4	9,9	69,7	11,7	21,1
Середнє $\bar{x}^*$	6,7	9,4	69,9	13,5	24,4
Min	3,8	7,4	67,6	11,3	15,7
Max	10,1	12,4	72,7	20,1	37,9
Вибіркова дисперсія S^2	2,3	1,2	1,2	4,3	22,3
Стандартне відхилення S	1,5	1,2	1,1	2,1	4,7
Коефіцієнт варіації $V, \%$	22,6	11,4	1,6	15,3	19,3

Примітка. *Статистичні показники наведені для всіх 32 ліній контрольного розсадника.



Врожайність зерна у кращих селекційних ліній пшениці озимої контрольного розсадника, 2025 р.

Примітки. Синій колір – урожайність зерна кращих ліній;
червоний колір – відхилення від середнього значення по досліді;
жовтий колір – перевищення за урожайністю сорту стандарту Поліська 90;
зелений колір – перевищення за урожайності стандарту Альбідум 114.

ранньостигла / Миронівська 61; Лютесценс 90-25 (І. д. TNMU /6/GER 80111 GER 81165 ... з пшениці ярої мексиканського походження за сівби під зиму); Лютесценс 190-18 (Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай); Лютесценс 448-15 (Поліська 92 / ППГ); Еритроспермум 74-25 (Єрмак/Миронівська 61/3/ Поліська 87 /2/ Зерноградка 3).

У стандарті Альбідум 114 вміст протеїну у зерні був майже на рівні стандарту Поліська 90 і становив 9,9%, проте показник клейковини мав нижче значення (12,7%), а показники крохмалю і седиментації були вищими (71,0 і 28,5%, відповідно). Середній вміст протеїну у зерні по досліді становив 9,4%, що нижче за його значення у обох стандартів. Коефіцієнт варіації за вмістом протеїну сягав 11,4%, що підтверджує середню мінливість селекційних ліній за цією ознакою. Вміст крохмалю в середньому становив 69,9 %, що нижче від показників у обох стандартів. Селекційні лінії за вмістом крохмалю характеризувались не значною мінливістю, тому що значення коефіцієнта варіації за цим показником становило лише 1,6%.

Середній вміст клейковини у зерні по досліді сягав 13,5%, що нижче від показників у стандарті Поліська 90 і вище за їх значення у стандарті Альбідум 114. Коефіцієнт варіації за вмістом клейковини ($V=15,3\%$) показав середній рівень її мінливості у ліній контрольного розсадника. Середній показник седиментації становив 24,4%, що вище від її показників у обох стандартів. Значення коефіцієнта варіації за седиментацією показало середній рівень мінливості (19,31%).

З 32 ліній пшениці озимої, що вивчалися в контрольному розсаднику, тільки 11 ліній (34,4% від загальної кількості) істотно перевищували стандарт Альбідум 114 за врожайністю зерна (рис.). Кращими за врожайністю зерна були селекційні лінії Лютесценс 90-25 (І. д. TNMU /6/GER 80111 GER 81165 ... з пшениці ярої мексиканського походження за сівби під зиму, 10,1 т/га), Лютесценс 190-18 (Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай, 9,7 т/га), Еритроспермум 74-25 (Єрмак/Миронівська 61/3/ Поліська 87 /2/ Зерноградка 3 і Еритроспермум 31-18 по 8,5 т/га), Еритроспермум 516-18 і Лютесценс 369-13 (Миронівська ранньостигла / Миронівська 61 по 8,4 т/га),

Еритроспермум Пф 8-21 (Самурай / Водограй, 8,3 т/га); Лютесценс 448-15 (Поліська 92 / ППГ, 8,1 т/га), Еритроспермум 84-25 (Донской простор // BRBT 1*2/Kiritat, 7,6 т/га), Еритроспермум 79-24 (Боровій / Walton, 7,4 т/га) і Еритроспермум 78-24 (Боровій / Walton, 7,3 т/га). Перевищення показників урожайності у кращих ліній від середнього значення по досліді (6,7 т/га) варіювало від 0,6 до 3,4 т/га.

Серед ліній пшениці озимої контрольного розсадника, які у 2025 р. показали високу продуктивність, виділено цінний вихідний матеріал із покращеною якістю зерна. Так, лінія Лютесценс 90-25 перевищувала середню врожайність по досліді на 3,4 т/га, а приріст до стандартів Альбідум 114 і Поліська 90 становив 2,9 та 4,9 т/га, відповідно. За показниками якості ця лінія була кращою за сорт стандарт Поліська 90: вміст протеїну вище на 1,1%, клейковини – на 0,7%, седиментація переважала на 0,9% та вміст крохмалю був нижчим на 2,1%. Перевищення за врожайністю і показниками якості відмічено також у кращих ліній Лютесценс 190-18, Еритроспермум 74-25, Лютесценс 369-13, Лютесценс 448-15. Лінія Еритроспермум 78-24 показала незначне збільшення за вмістом протеїну та поступалася за вмістом крохмалю у зерні. Вміст клейковини і показники седиментації у цієї лінії були нижчими, ніж у стандарту Поліська 90. Виділено також лінії, які хоча і поступалися за врожайністю, проте характеризувались вищими показниками якості зерна. Це такі лінії, як Лютесценс 86-25 (І. д. Long 92-1640 / Prinia // Long 92-1638 з ярої пшениці за сівби під зиму) та Еритроспермум 99-25 (Небокрай / Bruncka).

Отже, у 2025 р. серед ліній пшениці озимої контрольного розсадника виділено п'ять (15,6% від загальної кількості) кращих ліній: Лютесценс 90-25, Лютесценс 190-18, Еритроспермум 74-25. Лютесценс 369-13, Лютесценс 448-15, які мали як високу продуктивність, так і підвищені, порівнюючи із стандартами, показники якості зерна за вирощування у воєнні роки без недостатньої кількості добрив.

За результатами лабораторної випічки встановлено, що об'ємний вихід хліба у сорту стандарту Поліська 90 у 2025 р. був значно нижчий (у середньому 391 см³) чим у 2020-2021 рр. (у середньому 492 см³ і 480 см³ відповідно). Оцінка хліба варіювала від 3,9 до 4,5 бала та у середньому становила 4,2 бала. За пористістю, структурою та кольором м'якушу і смаком хліба сорт стандарт пшениці озимої Поліська 90 за шкалою отримав оцінку за якістю «відмінно».

Втім решта показників ознак якості знизили результати загальної оцінки випічки у цього сорту, тому у середньому вона становила 4,2 бала, що відповідає за шкалою оцінки «добре». Якість випічки хліба з лінії Альбідум 114 була нижчою порівняно із сортом-стандартом Поліська 90. Оцінка становила 3,7 бала, що за шкалою відповідає значенню «цілком задовільно». За показниками «оцінки хліба» у 2025 р. вищими за сорт стандарт Поліська 90 були лінії Лютесценс 369-13 і Лютесценс 448-15, які отримали 4,5 бала, що за шкалою становило «відмінно» (4,5–5,0 балів). Показники, які за шкалою відповідали оцінці «добре» (3,8–4,4 бала), відмічені у ліній: Лютесценс 86-25 (І.д. Long 92-1640 / Prinia // Long 92-1638 з пшениці ярої за сівби під зиму), Еритроспермум 92-25 (Миронівська Сторічна / Чорноброва по 3,8 бала); Еритроспермум 83-25 (Ventura / Донецька 48), Еритроспермум 101-25 (Нива Київська / Чорноброва), Еритроспермум 516-18, Еритроспермум 78-24 (Боровій / Walton), Еритроспермум 79-24 (Боровій / Walton по 3,9 бала); Лютесценс 72-25 (Артеміда / IR 15264), Лютесценс 80-25 (І.д. KAUZ *2 / YACO // KAUZ з пшениці ярої за сівби під зиму), Еритроспермум 84-25 (Донской простор // BRBT 1*2/Kiritati), Еритроспермум 94-25 (Поліська 90 / Калинова), Еритроспермум 99-25 (Небокрай / Bruncka по 4,0 бали); Лютесценс 90-25 (І. д. TNMU /6/GER 80111 GER 81165 ... з пшениці ярої за сівби під зиму), Еритроспермум 297-18 по 4,2 бали); Еритроспермум 74-25 (Purdue / Поліська 90 // Kontesa), Лютесценс 190-18 (Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай), Лютесценс 189-18 (Лінія 418 (ДМС 0,0125) / Колонія), Еритроспермум Пф 8-21 (Самурай / Водограй по 4,3 бали); Еритроспермум 73-25 (Lulana / Білява), Еритроспермум 78-25 (Артеміда / IR 15264), Еритроспермум 79-25 (І.д. TNMU/6/ Сер. 201(11) Сер. 21165/5/MRNG/4/8М...з пшениці ярої за сівби під зиму), Еритроспермум 81-25 (Чорноброва / Waxu 060083), Лютесценс 98-25 (Баграт // Weaver / Borlough 90 по 4,4 бали). Ці лінії за показниками «оцінки хліба» відповідно шкалі були на рівні стандарту Поліська 90. «Оцінку хліба» на рівні стандарту Альбідум 114 отримали лінії Лютесценс 95-25 (Zuzana / Перлина Лісостепу), Еритроспермум 381a-18 по 3,5 бала); Еритроспермум 135-18 (3,6 бала); Еритроспермум 87-25 (Краєвид / Олексіївська), Лютесценс 88-25 (Снігурка / Софійка), Еритроспермум 93-25 (Бенефіс / Калинова), Еритроспермум 31-18 по 3,7 бала), що за шкалою відповідає

Таблиця 2. Оцінка кращих селекційних ліній пшениці озимої контрольного розсадника за результатами лабораторної випічки хліба, ННЦ «ІЗ НААН», 2025 р.

Сорт, лінія	Об'єм хліба, см ³	Приріст об'єму хліба до стандарту Поліська 90, см ³	Оцінка хліба, бал
Поліська 90, стандарт	391	-	4,2
Альбідум 114, стандарт	365	-26	3,7
Еритроспермум 81-25 Чорноброва / Waху 060083	465	74	4,4
Лютесценс 448-15 Поліська 92 / ППГ	450	59	4,5
Лютесценс 369-13 Миронівська ранньостигла / Миронівська 61	440	49	4,5
Еритроспермум 74-25 Єрмак/Миронівська 61/3/ Поліська 87/2/ Зерноградка 3	430	39	4,3
Еритроспермум 78-25 Артеміда / IR 15264	430	39	4,4
Еритроспермум 73-25 Lulana / Білява	425	34	4,4
Еритроспермум Пф 8-21 Самурай / Водограй	420	29	4,3
Лютесценс 72-25 Боровій / Walton	415	24	4,0
Лютесценс 98-25 Багра́т // Weaver / Borlounge 90	410	19	4,4
Еритроспермум 79-25 І.д. TNMU/6/ Сер. 201(11) Сер. 21165/5/ MRNG/4/8М...з ярої пшениці за сівби під зиму	400	9	4,4
Лютесценс 190-18 Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай	400	9	4,3
Середнє $\bar{x}^*$	382		4,0
Min	320		3,5
Max	465		4,5
Коефіцієнт варіації $V, \%$	10		

Примітка. *Статистичні показники наведені для всіх 32 ліній контрольного розсадника.

значенню «цілком задовільно» (3,2–3,7 бала). Коефіцієнт варіації за показниками «об'єму хліба» підтвердив середній рівень мінливості ($V=10,1\%$).

Приріст оцінки хліба до стандарту Поліська 90 показав що у десяти ліній Лютесценс 448-15 (Поліська 92 / ППГ), Лютесценс 369-13 (Миронівська ранньостигла / Миронівська 61), Еритроспермум 81-25 (Чорноброва / Waху 060083), Еритроспермум 78-25 (Артеміда / IR 15264), Еритроспермум 73-25 (Lulana / Білява), Лютесценс 98-25 (Багра́т // Weaver / Borlounge 90), Еритроспермум 79-25 (І.д. TNMU /6/ Сер. 201(11) Сер. 21165/5/MRNG/4/8М...з ярої пшениці за сівби під зиму), Еритроспермум 74-25 (Єрмак/Миронівська 61 /3/ Поліська 87 /2/ Зерноградка 3), Еритроспермум Пф 8-21 (Самурай / Водограй), Лютесценс 190-18 (Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай) перевищував від 0,1 до 0,3 бала (табл. 2). Лінія Лютесценс 72-25 (Боровій / Walton) була нижчою за оцінкою хліба на -0,2 бала від стандарту Поліська 90. Однак, за приростом об'єму хліба у всіх 11 ліній перевищувала стандарт Поліська 90 на 9–74 см³.

Показники «оцінки хліба» у кращих за врожайністю 11-ти ліній пшениці озимої становили від 3,6 бала у Еритроспермум 31-18 до 4,5 бала у Лютесценс 369-13 і Лютесценс 448-15. За максимальною «оцінкою хліба» (4,2–4,5 бала) і високою врожайністю (8,1-10,1 т/га) виділено п'ять ліній: Лютесценс 448-15, Лютесценс 369-13, Еритроспермум 74-25, Лютесценс 190-18 і Лютесценс 90-25, які були також кращими за показниками якості зерна. Ці лінії становлять 15,6% від загальної кількості ліній у контрольному розсаднику.

За результатами аналізів, проведених у 2020 і 2021 рр., лінія Лютесценс 369-13 за показниками «оцінки хліба» (4,1 бала) і «об'єму хліба» (430 см³) за шкалою відповідала оцінці «добре», а лінія Лютесценс 448-15 за «оцінкою хліба» (4,6 бала) і «об'ємом хліба» (500 см³) отримала «відмінно». Врожайністю зерна у лінії Лютесценс 369-13 становила 4,94 т/га у 2020 р. і 5,90 т/га у 2021 р., а у лінії Лютесценс 448-15 – 5,52 т/га і 7,90 т/га, відповідно. Тому показники лабораторної «оцінки хліба» у лінії Лютесценс

369-13 змінювались залежно від умов року вирощування від оцінки «добре» до «відмінно».

Слід відмітити, що лінія Лютесценс 448-15 в умовах безсніжного, із весняними заморозками і значного поширення хвороби вірусу жовтої карликовості ячменю у 2020 р. та хвороб, особливо фузаріозу колоса, у 2021 р. характеризувалась високою врожайністю зерна і хлібопекарськими якостями борошна. Втім найкращі результати були отримані у 2025 р., коли лабораторна «оцінка хліба» у цієї лінії становила 4,5 бала або «відмінно», а за врожайність зерна вона перевищувала стандарти Поліська 90 і Альбідум 114 на 2,9 і 0,9 т/га, відповідно.

Лінію Лютесценс 448-15 можна рекомендувати як цінне джерело комплексу відмінних хлібопекарських якостей і високої продуктивності. Лінії Лютесценс 90-25, Лютесценс 190-18, Еритроспермум 74-25 і Лютесценс 369-13, що характеризуються хорошою хлібопекарською якістю і високою продуктивністю, для подальшого використання у селекційному процесі. Лінії Лютесценс 448-15 і Лютесценс 369-13 передано для випробування і реєстрації до Національного центру генетичних ресурсів рослин України як джерела цінних господарських ознак.

Висновки

За результатами проведених оцінок у 2025 р. контрольного розсадника пшениці озимої виділено кращі лінії:

- Лютесценс 369-13 (Миронівська ранньостигла / Миронівська 61; Лютесценс 90-25 (І. д. TNMU /6/GER 80111 GER 81165 ... з пшениці ярої

мексиканського походження за сівби під зиму); Лютесценс 190-18 (Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай); Лютесценс 448-15 (Поліська 92 / ППГ); Еритроспермум 74-25 (Єрмак/Миронівська 61/3/ Поліська 87 /2/ Зерноградка 3), **за вмістом протеїну та клейковини;**

- Лютесценс 448-15 (Поліська 92 / ППГ), Лютесценс 369-13 (Миронівська ранньостигла / Миронівська 61), Еритроспермум 81-25 (Чорноброва / Ваху 060083), Еритроспермум 78-25 (Артемід / IR 15264), Еритроспермум 73-25 (Lulana / Білява), Лютесценс 98-25 (Баграт // Weaver / Borlough 90), Еритроспермум 79-25 (І. д. TNMU /6/ Сер. 201(11) Сер. 21165/5/MRNG/4/8M... з ярої пшениці за сівби під зиму), Еритроспермум 74-25 (Єрмак/Миронівська 61 /3/ Поліська 87 /2/ Зерноградка 3), Еритроспермум Пф 8-21 (Самурай / Водограй), Лютесценс 190-18 (Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай) **за вищим природом оцінки хліба та його об'єму до стандарту Поліська 90;**
- Лютесценс 448-15 (Поліська 92 / ППГ); Лютесценс 369-13 (Миронівська ранньостигла / Миронівська 61); Еритроспермум 74-25 (Єрмак/Миронівська 61/3/ Поліська 87 /2/ Зерноградка 3); Лютесценс 190-18 (Лінія 418 (НМС 0,025) / Самурай); Лютесценс 90-25 (І. д. TNMU /6/GER 80111 GER 81165 ... з ярої пшениці мексиканського походження за сівби під зиму) **за максимальною «оцінкою хліба» (4,2–4,5 бала) та високою врожайністю (8,1–10,1 т/га).**

ЛІТЕРАТУРА

1. Рибалка О.І. (2011). Якість пшениці та її поліпшення. К.: Логос. 496 с.
2. Pravdziva I.V., Vasylenko N.V., Zamlila N.P., Volohdina H.B., Humeniuk O.V., Koliuchy V.T. (2018). Фактори впливу на якість зерна та борошна нових сортів пшениці м'якої озимої. 5. Хлібопекарські властивості борошна. *Миронівський вісник*, 6, 99–107. DOI: <https://doi.org/10.31073/mvis201806-08>.
3. Литвиненко М.А. (2010). Реалізація генетичного потенціалу, проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів озимої пшениці. *Насінництво*, 6, 1–6.
4. Хорошун І.В., Назаренко М.М. (2024). Особливості формування продуктивності та якості зерна у пшениці озимої. *Аграрні інновації*. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.24>.
5. Уліч Л.І. (2006). Вдосконалення дослідження сортів озимої пшениці. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 3, 83–90.
6. Литвиненко М. (2005). За доброго господарювання пшениця в нас виросте не гірше ніж у Канаді. *Зерно і хліб*, 4, 39–41.
7. Ляшок А.К. (2002). Особливості адаптації зернових колосових культур до абіотичних факторів. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення УААН*, 3 (43), 160–167.
8. Гаврилюк І.В. (2025). Оцінка та створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої з підвищеним рівнем продуктивності й адаптивності. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 20 «Аграрні науки і продовольство» за спеціальністю 201 «Агрономія».

- Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 229 с.
9. Феоктістов П.О., Григорюк І.П. (2003). Адаптивний потенціал посухо- і морозостійких сортів м'якої та твердої озимої пшениці. *Фізіологія і біохімія культур. Растений*, 35, 6, 535–547.
 10. Голик Л.М. (2008). Добір озимих форм пшениці з ярих сортів висіяних під зиму після попередньої яровизації. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 1, 38–44.
 11. Базалій В.В., Ларченко О.В., Кириченко Н.В. (2024). Наукові основи селекції озим ої пшениці на агроекологічну адаптивність. Миколаїв.
 12. Насінницька технологія вирощування миронівських сортів пшениці озимої та ярої (Методичні рекомендації). За ред. кандидатів с.-г. наук А.А. Сіроштаня, В.П. Кавунця. Центральне, 2024. 52 с.
 13. Созинов А. А. (1978). Проблемы улучшения качества зерна пшеницы. *Селекция и семеноводство*. № 1. С. 9–13.
 14. Сандецька Н.В., Дубровна О.В. (2025). Сучасний стан досліджень якості зерна пшениці. *Фізіологія рослин і генетика*, 57, 3, 187–222. <https://doi.org/10.15407/frg2025.03.187>.
 15. Солоня В.Й., Власенко В.А., Колочий В.Т., Франчук Н.В. (2004). Якість зерна ліній ярої м'якої пшениці яро-озимого походження. *Наук.-техн. бюл. МПП*. Вип. 4. С. 46–50.
 16. Попереля Ф.О. (1996). Три основні генетичні системи якості зерна озимої м'якої пшениці. Реалізація потенційних можливостей сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України. *Зб. наук. праць*. С. 117–132.
 17. Правдзіва І.В., Василенко Н.В. (2017). Мінливість показників якості зерна пшениці м'якої ярої залежно від впливу погодних умов. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 13, 3, 323–330. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.3.2017.110717>.
 18. Соломонов Р. В. (2019). Селекційна цінність зразків ярої пшениці різних екотипів при внутрішньовидовій гібридизації з озимими сортами. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 06.01.05 – «Селекція і насінництво». Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква. 178 с.
 19. Блохин Н.И., Ковбасенко Г.М. К методике оценки качества зерна пшеницы на разных этапах селекции: *Селекция и семеноводство*. 1987. Вып. 63. С. 78–80.
 20. Блохин Н.И., Ковбасенко Г.М. (1992). Методы и результаты селекции озимой пшеницы на качество зерна в Лесостепи Украины. *Сб. науч. Тр. «Увеличение производства зерна – важнейшая задача аграрной науки»*. Ч. 2. С. 74–80.
 21. Колочий В.Т., Блохин М.І. (2007). Якість зерна пшениці. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України. К.: Аграрна наука. С. 258–311.
 22. Литвиненко М.А., Голуб Є.А., Литвиненко Р.І. (2011). Роль сортів у підвищенні хлібопекарської якості озимої м'якої пшениці. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення / НААН України*. Вип.18(58). С. 6–14.

Holyk L.M., Shtakal M.I., Levchenko O.S., Symonenko N.V., Ivashchenko S.F., Drukovska N.H.
Evaluation of winter wheat lines in a control nursery for yield, grain quality, and bakery properties

Aim. Conduct a comprehensive assessment and identify the best breeding lines of winter wheat in terms of yield, grain quality indicators, and laboratory baking of bread from wheat flour for further use of new starting material in the breeding process. **Methods.** Field studies were conducted under monitoring conditions according to the methods of determining valuable economic traits in the breeding process, laboratory studies were conducted using the unpaired method of laboratory baking of bread from wheat flour. The assessment of grain quality indicators was determined using infrared spectroscopy. **Results.** The highest yield in the control nursery of winter wheat was obtained from the lines *Lutescens* 90-25 (10.10 t/ha); *Lutescens* 190-18 (9.70 t/ha); *Erythrospermum* 74-25 and *Erythrospermum* 31-18 (8.50 t/ha each); *Erythrospermum* 516-18 and *Lutescens* 369-13 (8.40 t/ha each); *Erythrospermum* Pf 8-21 (8.30 t/ha); *Lutescens* 448-15 (8.10 t/ha). The yield deviation from the average in the experiment (6.72 t/ha) varied from 0.58 to 3.38 t/ha. The yield increase to the valuable baking quality standard variety *Poliska* 90 varied from 2.07 to 4.87 t/ha and to the winter-hardy *Albidum* 114 from 0.10 to 2.90 t/ha. The excess in terms of quality and yield was noted in the best lines *Lutescens* 90-25, *Lutescens* 190-18, *Erythrospermum* 74-25, *Lutescens* 369-13, *Lutescens* 448-15. The assessment of bread in the best yielding 11 lines varied from 3.6 points in *Erythrospermum* 31-18 to 4.5 points in *Lutescens* 369-13 and *Lutescens* 448-15. **Conclusions.** According

to the results of the assessments conducted in 2025 of the control nursery of winter wheat, the best lines were identified: *Lutescens* 369-13; *Lutescens* 90-25; *Lutescens* 190-18; *Lutescens* 448-15; *Erythrospermum* 74-25 in terms of protein and gluten content; *Lutescens* 448-15, *Lutescens* 369-13, *Erythrospermum* 81-25, *Erythrospermum* 78-25, *Erythrospermum* 73-25, *Lutescens* 98-25, *Erythrospermum* 79-25, *Erythrospermum* 74-25, *Erythrospermum* Pf 8-21, *Lutescens* 190-18 for the highest increase in the grain quality and volume to the Polissya 90 standard; *Lutescens* 448-15; *Lutescens* 369-13; *Erythrospermum* 74-25; *Lutescens* 190-18; *Lutescens* 90-25 with the maximum "bread score" (4.2-4.5 points) and high yield (8.1-10.1 t/ha).

Key words: productivity, protein, starch, gluten, sedimentation, volume and evaluation bread.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Голик Л.М., канд. с.-г. н., ст. н. сп., ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Штакал М.І., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «ІЗ НААН», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Левченко О.С., доктор філософії, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: feniks1213@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Симоненко Н.В., канд. с.-г. н., н. сп., ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: ninaskoryk2@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9327-5828.

Іващенко С.Ф., провідний агроном, ННЦ «ІЗ НААН».

Друковська Н.Г., провідний агроном, ННЦ «ІЗ НААН».

Holyk L.M., Candidate of agriculture science, senior scientist, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Shtakal M.I., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Levchenko O.S., Doctor of Philosophy, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: feniks1213@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Symonenko N.V., Candidate of agriculture science, scientist, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: ninaskoryk2@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9327-5828.

Ivashchenko S.F., senior agronomist, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS».

Drukowska N.H., senior agronomist, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS».

Надійшла 16.02.2026

Прийнята до друку 14.04.2026

Опубліковано червень 2026

ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ
СОРТІВ КАРТОПЛІ ЗА ВРОЖАЙНІСТЮ

В.Ю. Ямковий, А.І. Томаш, І.М. Подберезко

Інститут картоплярства НААН (с-ще Немішаєве, Україна)

Мета. Оцінити сорти картоплі різних груп стиглості за параметрами екологічної пластичності, стабільності та адаптивності за ознакою «врожайність бульб» в умовах Полісся України та виділити генотипи з високою селекційною цінністю. **Методи.** Польовий, аналітичний і статистичний. Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на дослідних ділянках Інституту картоплярства НААН. Екологічну пластичність і стабільність сортів визначали за методикою S. A. Eberhart і W. A. Russell із використанням коефіцієнта регресії (b_i) та варіанси стабільності (S_i^2). Додатково оцінювали показники стресостійкості, генетичної гнучкості, гомеостатичності, коефіцієнта варіації та селекційної цінності генотипів. **Результати.** Встановлено істотний вплив погодних умов років досліджень на формування врожайності сортів картоплі. Найсприятливішими для реалізації продуктивного потенціалу були умови 2023 р., за яких індекс середовища становив $I_j = 4,2$, а середня врожайність — 30,1 т/га. Найменш сприятливими виявилися умови 2024 р. ($I_j = -2,9$), що супроводжувалося зниженням середньої врожайності до 23,0 т/га. У середньому за три роки врожайність сортів становила 21,9–28,1 т/га. Найвищу середню врожайність сформували сорти Мирослава (28,1 т/га) та Медея (28,0 т/га). За параметрами екологічної пластичності високою реакцією на покращання умов вирощування характеризувалися сорти Княгиня ($b_i = 1,24$), Слаута ($b_i = 1,32$) та Медея ($b_i = 1,55$). Найвищою стабільністю врожайності відзначався сорт Тирас ($S_i^2 = 0,03$), що свідчить про низьку чутливість до змін умов середовища. Підвищену стресостійкість виявили сорти Тирас (–3,5 т/га), Мирослава (–5,3 т/га) та Житниця (–5,8 т/га). Найвищими показниками генетичної гнучкості характеризувалися сорти Медея (29,3 т/га), Мирослава (27,5 т/га) та Княгиня (27,5 т/га). За сукупністю показників гомеостатичності та коефіцієнта варіації найбільш адаптованими до змін умов вирощування були сорти Тирас ($CV = 8,6\%$; $Нот = 73,0$), Мирослава ($CV = 10,2\%$; $Нот = 51,7$) та Житниця ($CV = 12,9\%$; $Нот = 32,7$). Найвищу селекційну цінність мав сорт Мирослава ($S_c = 23,2$). **Висновки.** Виділено сорти картоплі, що поєднують високий рівень продуктивності з адаптивністю до контрастних умов вирощування. Сорти Мирослава та Житниця характеризувалися оптимальним поєднанням урожайності, стресостійкості, гомеостатичності та селекційної цінності, що вказує на їхню високу перспективність для використання у селекційних програмах та в виробництві в умовах Південного Полісся України.

Ключові слова: *Solanum tuberosum* L., адаптивність, екологічна мінливість, коефіцієнт регресії, гомеостатичність, генетична гнучкість, стресостійкість, селекційна оцінка, продуктивність бульб.

Вступ. Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з провідних культур світу, що відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та стабільності аграрного виробництва [1]. В умовах сучасних кліматичних змін, посилення абіотичних і біотичних стресів, а також зростання вимог до рівня та стабільності врожайності особливої актуальності набуває добір і впровадження сортів, здатних формувати високий

і передбачуваний урожай у різних ґрунтово-кліматичних умовах [2–4]. Саме тому оцінка екологічної пластичності та стабільності сортів картоплі за врожайністю є одним із ключових завдань сучасної селекції та сортовипробування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Картопля є основною сільськогосподарською культурою, що характеризується високою адаптивністю, пластичністю

та потенційною продуктивністю; культивується у 130 країнах світу та вважається стратегічно важливим продуктом [5; 6]. Перевага картоплі порівняно з іншими культурами полягає у здатності формувати високу урожайність в широкому спектрі агросистем [7; 8].

В останні десятиліття спостерігаються стрімкі зміни клімату в планетарному масштабі. Встановлено факт зростання середньодобових температур повітря під час вегетаційного періоду сільськогосподарських рослин, зокрема – критичних фаз розвитку картоплі. Високі максимальні температури повітря і тривалі посушливі періоди сприяють перегріву ґрунту передбачають підвищений стресовий фон під час вегетації на рослини картоплі та несприятливо впливають на формування врожаю [9; 10].

У сучасному землеробстві сорт постає самостійним і надійним чинником підвищення врожайності та стабільності валового виробництва картоплі. Запровадження нових високопродуктивних сортів, які відзначаються підвищеною адаптивною здатністю в певних ґрунтово-кліматичних умовах у виробництво дає змогу збільшити урожайність на 25–30% [4; 8].

Сорти вітчизняної селекції займають чільне місце серед сортових ресурсів у картоплярстві країни. Більшість із них має переваги щодо зарубіжних аналогів, насамперед, за рівнем адаптивності до умов вирощування, стійкості проти хвороб, вмісту сухої речовини і крохмалю, стабільності показників смакових якостей бульб [11; 12].

Найбільш цінними із селекційного погляду є сорти з високим адаптивним потенціалом до різних умов вирощування. Тому селекція на адаптивність є одним із напрямів сільськогосподарської науки, якій приділяють значну увагу в селекційних програмах багатьох наукових центрів світу [13]. Під терміном «адаптивність» слід розуміти здатність генотипів забезпечувати високу і стійку продуктивність рослин за різних умов середовища [14].

Адаптивні властивості сортів картоплі мають такі визначення: «екологічна пластичність», «екологічна стабільність», «гомеостатичність», «генетична гнучкість», «стійкість до стресу» тощо. Оцінка сортів за цими показниками дає можливість виділити екологічно стійкі генотипи, які забезпечують стабільні врожаї в різних місцях вирощування.

Екологічна пластичність – це реакція генотипу на зміни умов середовища, яка проявляється у фенотипній мінливості. Стабільність характеризує здатність генотипу підтримувати фенотип у різних умовах

вирощування. Пластичність і стабільність вказують на те, як реагує генотип на зміну умов середовища, тобто характеризують властивості сорту у реалізації рівня прояву ознак [15; 16].

За результатами досліджень Е.Л. Кордюм і Д.В. Дубини [17] із пластичністю тісно пов'язане поняття «екологічна стабільність», яка відображає здатність рослинних популяцій протистояти стресовим чинникам, а пластичність – це здатність рослин поєднувати економне витрачання та ефективне використання природних ресурсів і поживних речовин в конкретних умовах вирощування.

Дослідження екологічної пластичності та адаптивності сортів картоплі наразі активно проводяться вітчизняними та зарубіжними науковцями. На думку Л.В. Тимко та ін. [18], які вивчали адаптивний потенціал сортів картоплі за врожайністю в умовах Полісся, використання в насінництві сортів картоплі з високою адаптивністю до вирощування в певних ґрунтово-кліматичних зонах дасть змогу збільшити обсяги виробництва насіннєвого матеріалу високих категорій для здійснення сортозаміни і сортооновлення. Дослідження у вказаній ґрунтово-кліматичній зоні, щодо впливу погодних умов періоду вегетації на стабільність сортів за показниками врожайності, вмісту та збору крохмалю виконували Е.Р. Ермантраут зі співавт. [6].

У Центральному Поліссі Н.В. Писаренко та ін. вивчали адаптивну здатність за ознакою врожайності, екологічну пластичність, стабільність, гомеостатичність, селекційну цінність та стресостійкість нових і найбільш поширених сортів картоплі [19; 20]. Адаптивними властивостями ранньостиглих сортів картоплі в зоні Лісостепу займалися Н.В. Яценко, Р.О. М'ялковський та ін. [21].

С.М. Михайлик зі співавт. [22] проводили комплексне вивчення та оцінювання нових середньостиглих сортів картоплі за врожайністю, вмістом крохмалю та їхньою стабільністю в умовах Лісостепу й Полісся України.

Праці іноземних дослідників присвячено впливу змін клімату на врожайність бульб картоплі та підвищення її стійкості проти стресу, зокрема, здійснено оцінювання посухостійкості генотипів за морфологічними та фізіологічними ознаками на різних стадіях росту [23; 24].

Отже, вивчення екологічної пластичності та стабільності, за якими оцінюють потенціал адаптивності сортів картоплі, є актуальним для забезпечення

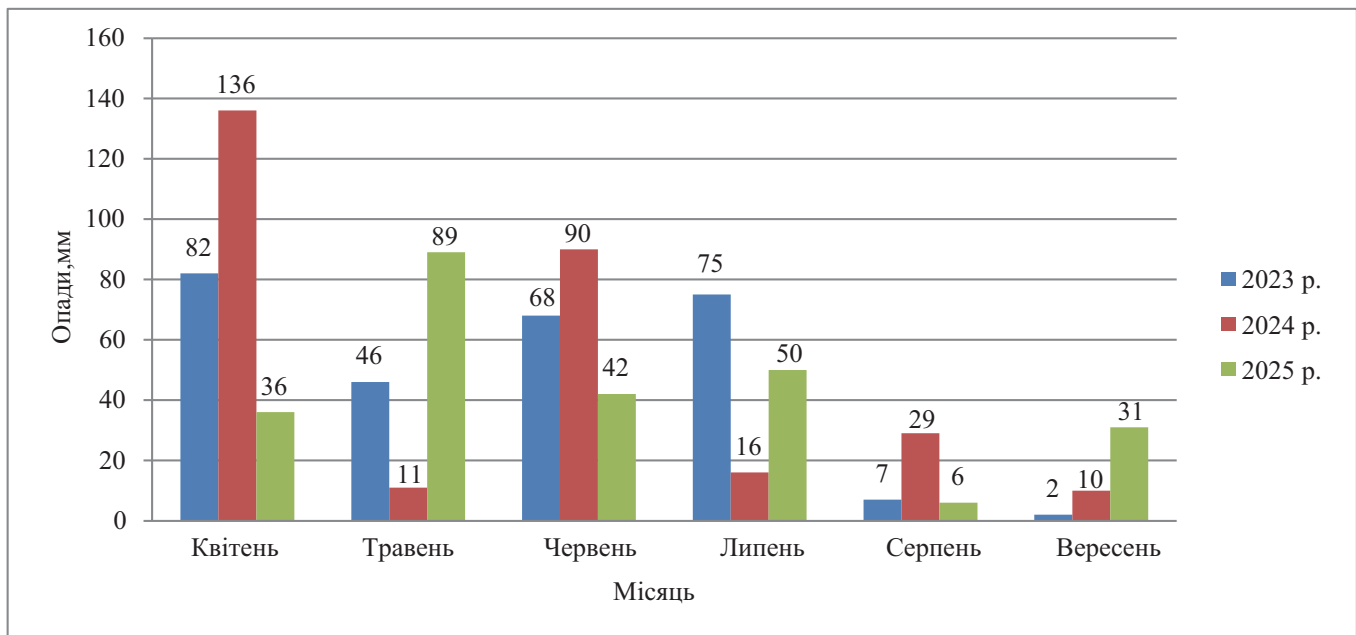


Рис. 1. Сума опадів за період вегетації рослин картоплі

продовольчої безпеки й економічної незалежності України.

Мета дослідження – оцінка параметрів екологічної пластичності, стабільності та адаптивності сортів картоплі різних груп стиглості за кількісною ознакою «врожайність» в умовах Південного Полісся України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводились на дослідних ділянках лабораторії селекції Інституту картоплярства НААН впродовж 2023–2025 рр. Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий супіщаний, типовий для зони Полісся України. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту сягає 1,4%, азоту легкогідролізованого – 98, рухомого фосфору – 72, обмінного калію – 100 мг/кг, гідролітична кислотність Нг = 1,97 мг-екв/100 г ґрунту, рН – 5,2.

Як об'єкти дослідження було використано 6 сортів вітчизняної селекції. Всі випробовувані сорти внесено до Державного Реєстру сортів, придатних для поширення в Україні. В експеримент включені сорти: ранньостиглі – Тирас, Слаута, Житниця, середньостиглі – Княгиня, Мирослава, Медея. Розмір посівної ділянки становить 20 м², облікової – 15 м², повторність досліду – триразова.

Попередником у роки досліджень була пшениця озима. Восени після збирання попередника проведено лушення стерні, зяблеву оранку, рано навесні – культивування з боронуванням. Мінеральні добрива N₈₀P₈₀K₈₀ д.р. вносили з подальшою культивування та нарізкою борозен. Садіння картоплі на дослідних

ділянках здійснювали вручну в III декаді квітня. Після чого виконували міжрядний обробіток із формуванням гребенів та два міжрядних обробітки з підгортанням рослин. Проти колорадського жука здійснено обприскування препаратом Кораген, 60 г/га (хлорантраніліпрол, 200 г/л), проти фітофторозу та альтернаріозу – Курзат Р, 2,5 кг/га (хлорокис міді, 398 г/кг, цимоксаніл, 42 г/кг), Зорвек Інкантія, 0,5 л/га (оксатіапіпролін, 30 г/л, фамаксадон, 300 г/л) та Банджо Форте, 0,8 л/га (флуазинам, 200 г/л, диметоморф, 200 г/л). Облік урожаю – поділянковий, суцільним збиранням із визначенням структури врожаю за фракціями та підрахунком бульб з 1 куща та її маси [25].

Упродовж 2023–2025 рр. досліджень погодні умови різнилися між собою, що дало змогу всебічно оцінити досліджувані сорти картоплі в контрастних умовах вирощування (рис. 1).

Найбільш сприятливим для росту й розвитку рослин був 2023 р., коли загальна кількість опадів за вегетаційний період становила 280 мм за середньобаторічної норми для регіону 360 мм. Їх відносно рівномірний розподіл упродовж вегетації сприяв оптимальному водозабезпеченню рослин і формуванню високої врожайності.

Менш сприятливі метеорологічні умови спостерігалися у 2025 р. Сума опадів за рік становила 254 мм, а дефіцит вологи впродовж вегетаційного періоду досягав 106 мм. Недостатнє зволоження у поєднанні з підвищеним температурним режимом (на

0,4–2,1 °C вище середньобагаторічних показників) у період бульбоутворення та наростання маси бульб негативно позначилися на продуктивності досліджуваних сортів.

Найбільш несприятливі умови відбувались у 2024 р., впродовж якого кількість опадів була достатньою, проте спостерігався їх нерівномірний розподіл. Зокрема, посушливі умови у травні (11 мм), липні (16 мм) та серпні (29 мм) у поєднанні з підвищеною температурою повітря зумовили розвиток ґрунтової посухи, що призвело до істотного зниження врожайності картоплі.

Екологічну пластичність і стабільність оцінювали за методикою S.A. Eberhart та W.A. Russell, де пластичність сортів визначається за коефіцієнтом регресії (b_i), яка характеризує середню реакцію сорту на зміну умов середовища, а стабільність за варіансою ознаки (S_i^2) [26].

Для визначення коефіцієнта лінійної регресії b_i спочатку виявляли індекс умов середовища I_j :

$$I_j = (\sum Y_j / v) - (\sum Y_i / vn),$$

де $\sum Y_j$ – сума врожаю всіх сортів за певний рік; $\sum Y_i$ – сума врожаю всіх сортів упродовж усіх років; v – кількість сортів; n – кількість років.

Розрахунок для кожного сорту коефіцієнта регресії b_i проведено за формулою:

$$b_i = \sum_j Y_{ij} I_j / \sum_j I_j^2,$$

де Y_{ij} – сума врожаю певного сорту в певному році; I_j – індекс умов середовища; I_j^2 – сума квадратів індексів умов середовища.

Варіансу стабільності (S_i^2) розраховували за формулою:

$$S_i^2 = \sum_j \delta_{ij}^2 / (n - 2),$$

Таблиця 1. Групування за показниками екологічної пластичності та стабільності сортів картоплі [26]

Показники пластичності; стабільності	Групування за показниками екологічної пластичності / стабільності	Ранг
$b_i < 1; S_i^2 > 0$	Генотипи менш чутливі до покращання умов середовища, нестабільні	1
$b_i < 1; S_i^2 \approx 0$	Генотипи менш чутливі до поліпшення умов середовища, стабільні	2
$b_i \approx 1; S_i^2 \approx 0$	Генотипи зі середньою реакцією на зміну умов середовища, стабільні	3
$b_i \approx 1; S_i^2 > 0$	Генотипи зі середньою реакцією на зміну умов середовища, нестабільні	4
$b_i > 1; S_i^2 \approx 0$	Генотипи з підвищеною реакцією на покращання умов середовища, стабільні	5
$b_i > 1; S_i^2 > 0$	Генотипи з підвищеною реакцією на поліпшення умов середовища, нестабільні	6

де δ_{ij}^2 – відхилення від лінії регресії, яке розраховують як різницю між теоретичним і фактичним значенням ознаки:

$$\delta_{ij}^2 = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij},$$

де $\hat{Y}_{ij}$ – теоретичне значення ознаки, яке розраховують за формулою:

$$\hat{Y}_{ij} = \bar{x} + b_i I_j,$$

де $\bar{x}$ – середній врожай певного сорту за всіма роками досліджень, т/га; $b_i I_j$ – добуток коефіцієнта регресії певного сорту на індекс умов середовища.

За результатами розрахунків параметрів екологічної пластичності (b_i) та стабільності (S_i^2) виділяють 6 групувальних рангів (табл. 1).

Показник гомеостатичності (Hom) та селекційної цінності (S_c) розраховували за В. В. Хангільдіним та Н. А. Лавриненком [27] за формулами:

$$Hom = \frac{x^2}{\sigma(X_{opt} - X_{lim})},$$

$$S_c = x \cdot \frac{x_{lim}}{x_{opt}},$$

де x , x_{opt} , x_{lim} – узагальнена за генотипом середня арифметична, оптимальна і лімітована середні величини ознак відповідно; а σ – середнє квадратичне відхилення. За x_{lim} прийняли найнижче значення ознаки, а за x_{opt} – найвище.

Статистичні показники: середнє арифметичне ($\bar{x}$), мінімальне (min) і максимальне (max) значення, коефіцієнт варіації (CV), середнє квадратичне відхилення (σ) та найменшу істотну різницю (NIP) розраховували за Ю.П. Манько [28] за допомогою програмного забезпечення Excel 2016.

Результати та їх обговорення. Наші дослідження показали, що врожайність картоплі значною мірою залежала від групи стиглості сортів, а також погоднокліматичних умов року.

Погодні умови вирощування картоплі в роки досліджень різнилися. Для їх оцінки використовували індекси умов середовища (I_j). Кращі умови для росту і розвитку рослин складаються за позитивного значення умов середовища, гірші – за негативного. З аналізу індексів умов середовища випливає, що найбільш сприятливі метеорологічні умови для формування врожаю бульб досліджуваних сортів картоплі за час проведення досліджень склалися в 2023 р. коли середня урожайність бульб становила 30,1 т/га, а індекс середовища (I_j), становив 4,2. Не відповідали біологічним потребам рослин картоплі умови 2024 та 2025 рр. коли індекс середовища (I_j) був від'ємним і становив –2,9 та –1,2 відповідно, а середня урожайність у всіх сортів була на 7,1 та 5,4 т/га меншою за середню урожайність 2023 р. (табл. 2).

Слід відзначити, що сорти різних груп стиглості по-різному реалізували свій продуктивний потенціал залежно від умов року. За роки досліджень у групі ранніх сортів найвищу урожайність встановлено у сорту Слаута (25,4 т/га). Серед сортів середньостиглої групи стиглості більш урожайним був сорт Мирослава (28,1 т/га). В середньому за роками досліджень урожайність бульб картоплі ранньостиглих сортів становила 23,9 т/га за 27,9 т/га – у групі середньостиглих.

Одним із показників, який характеризує середню реакцію генотипу на зміну умов середовища, показує його пластичність і дає можливість прогнозувати зміни ознаки, в рамках умов вирощування є коефіцієнт регресії (b_i).

Коефіцієнт регресії характеризує середню реакцію генотипу на зміну умов середовища та його пластичність і дає можливість прогнозувати зміну ознаки в межах досліджуваних умов. Чим вище значення коефіцієнта регресії (b_i), тим чутливіший сорт до поліпшення умов вирощування. Нуль або близьке до нуля значення (b_i) свідчить про те, що генотип не реагує на зміну умов середовища. Підвищення пластичності сорту часто сприяє зниженню його стабільності [26].

На основі аналізу коефіцієнтів регресії досліджувані сорти розподілено на 2 групи. Перша — пластичні при $b_i > 1$: Слаута, Княгиня, Медея. Ці сорти з поліпшенням умов середовища підвищували врожайність, що відповідає інтенсивному типу. Друга – низькопластичні при $b_i < 1,0$: Тирас, Житниця, Мирослава, характеризуються слабкою реакцією генотипу на поліпшення умов середовища, що відповідає екстенсивному типу.

Стабільність однієї чи іншої ознаки можна розглядати як у широкому, так і у вузькому розумінні. У вузькому розумінні стабільним є генотип зі стійкою реалізацією свого потенціалу, йому властива реакція на поліпшення або погіршення умов зовнішнього середовища, а в широкому – стабільним вважається такий генотип, на розвиток якого зміна умов середовища здійснює незначний вплив [26].

Варіанса стабільності ознаки S_i^2 показує, наскільки надійно сортозразок відповідає пластичності за оцінкою коефіцієнта регресії b_i . Встановлено, що

Таблиця 2. Параметри екологічної пластичності та стабільності сортів картоплі за врожайністю (2023–2025 рр.)

Сорт	Урожайність за роками, т/га				Середнє по групі стиглості, т/га	Параметри		Ранг
	2023	2024	2025	Середня		b _i	S _i ²	
Ранньостиглі								
Тирас	24,0	20,5	21,1	21,9	23,9	0,50	0,03	2
Житниця	28,0	23,0	22,2	24,4		0,79	2,43	1
Слауга	31,1	22,0	23,2	25,4		1,32	0,58	6
НІР ₀₅ , т/га	2,2	2,5	1,9	3,6				
Середньостиглі								
Княгиня	32,4	22,5	28,2	27,7	27,9	1,24	6,80	6
Медея	35,0	25,1	24,0	28,0		1,55	7,34	6
Мирослава	30,1	24,8	29,4	28,1		0,60	6,79	1
НІР ₀₅ , т/га	2,2	2,9	1,1	6,0				
Середня (за рік), т/га	30,1	23,0	24,7	25,9				
Індекс середовища (I _j)	4,2	–2,9	–1,2					

Примітки. b_i – коефіцієнт регресії (екологічна пластичність); S_i^2 – варіанса стабільності.

підвищення стабільності урожайності сорту супроводжується зменшенням його пластичності S_i^2 . До екологічно стабільних відносять варіанти, у яких варіанса стабільності наближається до нуля ($S_i^2 = 0$). Більшу стабільність мають сорти з найменшим числовим значенням варіанси.

Досліджувані сорти картоплі значно різнилися за варіансою стабільності (S_i^2). Чим більша варіанса стабільності, тим менш передбачуваною є реакція сорту на зміни умов середовища, тобто в селекційних цілях важливі зразки з мінімальними значеннями цього показника.

У наших дослідженнях найбільшою стабільністю за урожайністю характеризувався сорт Тирас ($S_i^2 = 0,03$). Високі значення S_i^2 виявлено у сортів: Житниця – 2,43, Княгиня – 6,80, Мирослава – 6,79, Медея – 7,34, що свідчить про високу чутливість їхньої реакції на зміну умов середовища.

Для селекції важливо, щоб ознака була високопластичною та високостабільною. Серед досліджених сортів Слаута зафіксовано високопластичним ($b_i > 1,32$) та умовно стабільним ($S_i^2 = 0,58$). Цей сорт можна розглядати як перспективний для селекції, оскільки він поєднує здатність ефективно реагувати на поліпшені умови вирощування з достатньою стабільністю прояву ознаки, що робить його цінним вихідним матеріалом для створення нових високопродуктивних та адаптивних сортів.

За результатами розрахунків параметрів пластичності і стабільності сорти можна охарактеризувати, розділивши їх на ранги. Згідно зі вказаним групуванням (табл. 1) до другого рангу ($b_i < 1$; $S_i^2 = 0$) належить сорт Тирас ($b_i = 0,50$; $S_i^2 = 0,03$), що вказує на низьку норму реакції сорту та його здатність

забезпечувати стабільний рівень врожайності за будь-яких умов вирощування.

До першого рангу ($b_i < 1$; $S_i^2 > 0$) віднесені сорти: Житниця та Мирослава, дані сорти мають низьку чутливість до зміни умов середовища (кращі результати за несприятливих умов), нестабільні. Сорти: Княгиня, Медея та Слаута віднесено до шостого рангу ($b_i > 1$; $S_i^2 > 0$), тобто демонстрували кращі результати за сприятливих умов вирощування.

За різких коливань погодних умов у роки вирощування, важливим показником для сортів є їх стійкість до стресу, рівень якого визначається за різницею між мінімальною і максимальною врожайністю ($Y_{\min} - Y_{\max}$). Цей параметр має негативне значення, і чим менша його величина, тим вища стійкість до стресу даного сорту [29].

На підставі проведених досліджень встановлено, що найвищу стресостійкість виявили ранньостиглі сорти Тирас (–3,5 т/га) та Житниця (–5,8 т/га), а також середньостиглий сорт Мирослава (–5,3 т/га) (табл. 3).

Стійкі сорти до стресових ситуацій відрізняються відносно низькою нормою реакції на зміну умов вирощування, коефіцієнт регресії у них менше одиниці ($b_i = 0,50$; 0,79; 0,60 відповідно) з подальшим його зниженням, стійкість до несприятливих умов збільшується. Найнижчий показник стійкості до стресу показали сорти: Слаута (–9,1 т/га), Княгиня (–9,9 т/га) та Медея (–11,0 т/га).

Параметр стійкості до стресу доповнює показник генетичної гнучкості ($Y_{\min} + Y_{\max}/2$), який вказує на середню врожайність сорту за стресових і оптимальних умов вирощування [30]. Чим вища генетична гнучкість, тим вищий ступінь відповідності між сортом і факторами зовнішнього середовища. У наших

Таблиця 3. Параметри адаптивності сортів картоплі за врожайністю (2023–2025 рр.)

Сорт	Параметри адаптивності			CV,%	S _c
	Y _{min} – Y _{max}	Y _{min} + Y _{max} /2	Ном		
Ранньостиглі					
Тирас	–3,5	22,3	73,0	8,6	18,7
Житниця	–5,8	25,1	32,7	12,9	19,3
Слаута	–9,1	26,6	14,4	19,4	18,0
Середньостиглі					
Княгиня	–9,9	27,5	15,6	17,9	19,2
Медея	–11,0	29,3	11,8	21,6	19,2
Мирослава	–5,3	27,5	51,7	10,2	23,2

Примітки. $Y_{\min} - Y_{\max}$ – стресостійкість; $Y_{\min} + Y_{\max}/2$ – генетична гнучкість; Ном – гомеостатичність; CV – коефіцієнт варіації; S_c – селекційна цінність.

дослідженнях найбільшим показником генетичної гнучкості характеризувалися сорти: Княгиня (27,5 т/га), Мирослава (27,5 т/га) та Медея (29,3 т/га).

Коефіцієнт варіації показує відносний ступінь мінливості. Для його інтерпретації застосовували класифікацію [31]: $C_v \leq 6\%$ – слабка варіація, $6 < C_v \leq 11\%$ – помірна, $11 < C_v \leq 21\%$ – значна, $21 < C_v \leq 51\%$ – велика, $C_v > 51\%$ – дуже велика.

Варіабельність урожайності за групами стиглості становила: в ранніх на рівні 8,6–19,4%, в середньостиглих – 10,2–21,6%. Найнижчі показники були в сортів Тирас (8,6%) та Мирослава (10,2%), що свідчить про помірну сталість їхньої продуктивності. Натомість у сортів Житниця (12,9%), Княгиня (17,9%) та Слаута (19,4%) виявили значну варіабельність урожайності. Велику мінливість показника врожайності спостерігали в сорту: Медея (21,6%), тобто сильну залежність від умов середовища.

Зв'язок гомеостатичності та коефіцієнта варіації характеризує стійкість ознаки в мінливих умовах середовища. У наших дослідженнях у середньому за 2023–2025 рр. найбільш стабільними за зміни умов вирощування виявилися три сорти, про що вказує на найменше значення коефіцієнта варіації і висока гомеостатичність, а саме: Тирас ($CV = 8,6\%$, $Hom = 73,0$), Мирослава ($CV = 10,2\%$, $Hom = 51,7$) та Житниця ($CV = 12,9\%$, $Hom = 32,7$). Високу варіабельність і низьку гомеостатичність мали Медея ($CV = 21,6\%$, $Hom = 11,8$), Слаута ($CV = 19,4\%$, $Hom = 14,4$), Княгиня ($CV = 17,9\%$, $Hom = 15,6$), що фіксує про нестабільність цих сортів і низьку адаптивність до умов вирощування.

Оцінка селекційної цінності картоплі показала достатньо високий генетичний потенціал екологічної адаптивності досліджуваних сортів до умов Полісся. За результатами досліджень, селекційна цінність сортів картоплі становила від 18,0 до 23,2. Найвищий цей показник забезпечив сорт Мирослава ($S_c = 23,2$).

На думку В.В. Базалія та ін. [32], для селекції на стабільну та високу врожайність найбільш перспективними є сорти, що поєднують високі показники гомеостатичності та селекційної цінності зі стресостійкістю вище середнього рівня.

У наших дослідженнях сорти Мирослава та Житниця демонструють саме таке поєднання показників, що характеризує їх як найбільш перспективні та цінні для селекційного процесу генотипи. Ці сорти здатні формувати стабільний урожай у різних умовах вирощування та ефективно реалізовувати свій

генетичний потенціал за дії стресових факторів, що робить їх важливим вихідним матеріалом для створення адаптивних і високопродуктивних сортів.

Генотипи з високою селекційною цінністю, але низькими показниками гомеостатичності та стресостійкості (зокрема, Медея, Слаута, Княгиня) вказують на залежність їхньої продуктивності від сприятливих умов. Такі сорти є перспективними для інтенсивних технологій вирощування та селекції на високу продуктивність, але менш придатні для зон ризикованого землеробства чи стресових умов.

Сорт Тирас, хоча й демонструє високі показники гомеостатичності та стресостійкості, характеризується низькою селекційною цінністю, що свідчить про його надійність у виробництві за несприятливих умов, але меншу перспективність як вихідного матеріалу для створення нових високопродуктивних сортів.

Висновки

Встановлено, що погодні умови років досліджень істотно впливали на формування врожайності сортів картоплі. Найсприятливішими для реалізації продуктивного потенціалу були умови 2023 р., за яких індекс середовища становив $I_j = 4,2$, а середня врожайність сортів – 30,1 т/га.

Найвищою середньою врожайністю за роки досліджень характеризувалися сорти Мирослава (28,1 т/га), Медея (28,0 т/га) та Княгиня (27,7 т/га).

Високою екологічною пластичністю ($b_i > 1$) відзначалися сорти Медея, Слаута та Княгиня, які формували вищий рівень урожайності за сприятливих умов вирощування. Сорти Тирас, Мирослава та Житниця характеризувалися нижчою реакцією на зміну умов середовища ($b_i < 1$) та більшою стабільністю прояву ознаки врожайності.

Найвищими показниками адаптивності, гомеостатичності та стресостійкості відзначалися сорти Тирас, Мирослава та Житниця, що свідчить про їх стабільний прояв продуктивності в контрастних погодних умовах.

За комплексом показників, що включають високу гомеостатичність, селекційну цінність та стресостійкість, виділено сорти Мирослава та Житниця, які є перспективними як вихідний матеріал для створення нових сортів, адаптованих до змін клімату та несприятливих факторів вирощування.

Перспективою подальших досліджень є вивчення адаптивності сортів картоплі за основними якісними показниками бульб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федосій, І.О., Комар, О.О., Фурдига, М.М., & Захарчук, Н.А. (2022). *Картоплярство: навчальний посібник*. ФОП Ямчинський.
2. Кармазіна, Л.С., Купріянова, Т.М., & Вишневська, О.В. (2013). Вплив комбінованої системи удобрення на продуктивність та вихід бульб насіннєвої фракції нових сортів картоплі. *Картоплярство України*, (3/4), 40–44.
3. Коваль, В.М. (2011). Продуктивність вітчизняних сортів картоплі в умовах Правобережного Лісостепу України. *Картоплярство України*, (22/23), 21–24.
4. Іващенко, О.О., Рудник-Іващенко, О.І. (2011). Напрями адаптації аграрного виробництва до змін клімату. *Вісник аграрної науки*, (8), 10–12.
5. Ермантраут, Е.Р., Києнко, З.Б., Маційчук, В.М., & Фещук, О.М. (2015). Екологічна стабільність і пластичність сортів картоплі на Поліссі. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 3-4(28-29), 12–17. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4\(28-29\).2015.58412](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4(28-29).2015.58412).
6. Подгаєцький, А.А., & Коваленко, В.М. (2011). Адаптивність сортів картоплі білоруської селекції. *Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія: Агрономія і біологія*, (4), 143–146. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/206>.
7. Korol, L.V., Topchii, O.V., Ivanytska, A.P., & Kostenko, A.V. (2023). Evaluation of the adaptive properties of potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) according to the main economic and valuable characteristics. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19 (1), 4–14. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.1.2023.277766>.
8. Сонець, Т.Д., Києнко, З.Б., Фурдига, М.М., & Верменко, Ю.Я. (2019). Адаптивність сортів картоплі до ґрунтово-кліматичних умов Полісся та Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15, (1), 93–98. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.162488>.
9. Осипчук, А.А. (2009). Селекція картоплі в Україні з урахуванням зон вирощування. *Картоплярство*, (38), 25–31.
10. Чередниченко, Л.М., Фурдига, М.М., & Томаш, А.І. (2016). Оцінка вітчизняних сортів та селекційного матеріалу картоплі за стійкістю проти нарізу надземної частини рослин на природному інфекційному фоні. *Картоплярство*, (43), 191–197.
11. Остренко, М.В. (2006). Оцінка вітчизняних сортів картоплі за вмістом у бульбах вітамінів. *Картоплярство України*, 1/2(2/3). 13–15.
12. Подгаєцький, А., & Коваленко, В. (2013). Продуктивність сортів картоплі селекції Інституту картоплярства НААН України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія*, 17 (2), 196–202.
13. Тищенко, А.В., Тищенко, О.Д., Люта, Ю.О., & Пілярська, О.О. (2021). Адаптивна здатність – важлива ознака у селекції рослин. *Зрошуване землеробство*, (75), 101–109. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19>.
14. Кордюм, Е.Л., Сытнык, К.М., Бараненко, В.В., Белявская, Н.А., Климчук, Д.А., & Недуха Е.М. (2003). *Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным изменениям экологических факторов в естественных условиях: монография*. Наукова думка.
15. Солонечний, П.М. (2013). Гомеостатичність та селекційна цінність сучасних сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*, (103), 36–48. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2013.54064>.
16. Марухняк, А.Я., Дацько, А.О., & Марухняк Г.І. (2010). Адаптивність і стабільність сортозразків вівса за показниками якості зерна. *Селекція і насінництво*, (98), 106–107. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2013.54064>.
17. Кордюм, Е.Л., & Дубина, Д. В. (2015). Пластичність онтогенезу судинних рослин: молекулярні, клітинні, популяційні та ценотичні аспекти. *Вісник НАН України*, (7), 32–36. <https://doi.org/10.15407/vsn2015.07.032>.
18. Тимко, Л.В., Фурдига, М.М., & Верменко, Ю.Я. (2018). Адаптивні властивості різних сортів картоплі в умовах правобережного Полісся України. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(2), 224–229. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774>.
19. Писаренко, Н.В., Сидорчук, В.І., & Захарчук, Н.А. (2022). Вивчення адаптивної здатності сорти картоплі за ознакою «врожайність» в умовах Центрального Полісся. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 71 (1), 123–140. [https://doi.org/10.32636/01308521.2022-\(71\)-1-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-1-8).
20. Писаренко, Н.В., Сидорчук, В.І., & Захарчук, Н.А. (2022). Екологічна пластичність, стабільність гомеостатичності та селекційної цінності за ознакою урожайності нових сортів картоплі. *Землеробство та рослинництво: теорія та практика*, 3(5), 91–101. <https://doi.org/10.54651/agri.2022.03.10>.
21. Яценко, Н.В., Мялковський, Р.О., Яценко, В.В. Фещенко, В.В., & Чубко, О.П. (2024). Адаптивна здатність ранньостиглих сортів картоплі вітчизняної

- і зарубіжної селекції у Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, (44), 68–75. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.11>.
22. Михайлик, С.М., Іваницька, А.П., Смульська, І.В., Топчій, О.В. Києнко, З.Б., & Орленко, Н.С. (2024). Урожайність і стабільність нових середньостиглих сортів картоплі (*Solanum tuberosum* L.) у Лісостеповій та Поліській ґрунтово-кліматичних зонах України. *Plant varieties studying and protection*, (4), 219–226. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.4.2024.321919>.
 23. Dahal, K., Li, X., Tai, H., Creelman, A., & Bizimungu, B. (2019). Improving Potato Stress Tolerance and Tuber Yield Under a Climate Change Scenario. A Current Overview. *Frontiers in Plant Science*, (10). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00563>.
 24. Jennings, S.A., Koehler, A.K., Nicklin, K.J., Deva C., Sait, S.M., & Challinor, A.J. (2020). Global Potato Yields Increase Under Climate Change With Adaptation and CO₂ Fertilisation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, (4). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.519324>.
 25. Бондарчук, А.А., Колтунов, В.А., Олійник, Т.М., Фурдига, М.М., Вишневецька, О.В., Осипчук, А.А., & Захарчук, Н.А. (2019). Картоплярство: *Методика дослідної справи*. Твори.
 26. Eberhart, S.A. & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Agricultural and Food Sciences. Crop Science*, 6(1), Doi:10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x.
 27. Хангильдин, В.В., & Литвиненко, Н.А. (1981). Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. *Научно-технический бюллетень ВСГИ*, (39), 14–22.
 28. Манько, Ю.П. (2013). Аналіз методичного ресурсу для статистичної експертизи результатів багаторічних досліджень з агрономії. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*, 183(2), 128–135.
 29. Бурденюк-Тарасевич, Л.А., Дубова, О.А., & Хухула, В.С. (2012). Оцінка адаптивної здатності сортів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепу України. *Селекція і насінництво*, (101), 3–12. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59677>.
 30. Хоменко, С.О., Федоренко, І.В., & Федоренко, М.В. (2016). Гомеостатичність та селекційна цінність колекційних зразків пшениці м'якої ярої для умов Лісостепу України. *Миронівський вісник*, (3), 85–93. URL: <http://mvis.mip.com.ua/article/view/119180>.
 31. Опря, А.Т., Дорогань-Писаренко, Л.О., Єгорова, О.В., & Кононенко, Ж.А. (2014). Статистика. (2-ге вид.). Центр учбової літератури.
 32. Базалій, В.В., Домарацький, Є.О., Ларченко, О.В. (2018). Сучасний сортовий склад пшениці м'якої озимої та параметри його екологічної стійкості за різних умов вирощування (огляд літератури). *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*, (104), 9–15. URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/104_2018/4.pdf.

Yamkovi V.Y., Tomach A.I., Podberezko I.M.

*Ecological plasticity and stability of yield of potato varieties (*Solanum tuberosum* L.)*

Aim. To evaluate potato varieties from different maturity groups in terms of their ecological plasticity, stability and adaptability with regard to 'tuber yield' in the Polissya region of Ukraine, and to identify genotypes with high breeding value. **Methods.** Field, analytical and statistical. The research was conducted between 2023 and 2025 on experimental plots at the Institute of Potato Growing of the National Academy of Agrarian Sciences. The ecological plasticity and stability of the varieties were determined using the method of S. A. Eberhart and W. A. Russell, employing the regression coefficient (b_i) and the stability variance (S_i^2). In addition, indicators of stress tolerance, genetic flexibility, homeostasis, coefficient of variation and breeding value of genotypes were assessed. **Results.** A significant influence of weather conditions during the study years on the yield potential of potato varieties has been established. The conditions in 2023 were the most favourable for realising yield potential, with an environmental index of $I_j = 4.2$ and an average yield of 30.1 t/ha. The least favourable conditions were observed in 2024 ($I_j = -2.9$), accompanied by a decline in average yield to 23.0 t/ha. On average over the three years, the yield of the varieties ranged from 21.9 to 28.1 t/ha. The highest average yields were achieved by the varieties Myroslava (28.1 t/ha) and Medea (28.0 t/ha). In terms of ecological plasticity, the varieties Knyaginya ($b_i = 1.24$), Slauta ($b_i = 1.32$) and Medea ($b_i = 1.55$) were characterised by a high response to improved growing conditions. The Tiras variety ($S_i^2 = 0.03$) exhibited the highest yield stability, indicating low sensitivity to changes in environmental conditions. Increased stress tolerance was observed in the Tiras (–3.5 t/ha), Myroslava (–5.3 t/ha) and Zhitnytsia

(–5.8 t/ha) varieties. The varieties *Medea* (29.3 t/ha), *Myroslava* (27.5 t/ha) and *Knyahynya* (27.5 t/ha) were characterised by the highest indicators of genetic flexibility. Based on the combination of homeostasis and coefficient of variation, the varieties most adapted to changes in growing conditions were *Tyras* (CV = 8.6%; Hom = 73.0), *Myroslava* (CV = 10.2%; Hom = 51.7) and *Zhitnytsia* (CV = 12.9%; Hom = 32.7). The variety *Myroslava* had the highest breeding value ($S_c = 23.2$). **Conclusions.** Potato varieties have been identified that combine high productivity with adaptability to contrasting growing conditions. The *Myroslava* and *Zhytnytsia* varieties were characterised by an optimal combination of yield, stress tolerance, homeostasis and breeding value, indicating their great potential for use in breeding programmes and in production in the Southern Polissya region of Ukraine.

Key words: *Solanum tuberosum* L., adaptability, ecological variability, regression coefficient, homeostasis, genetic flexibility, stress tolerance, breeding evaluation, tuber yield.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ямковий В.Ю., кандидат сільськогосподарських наук, в.о. завідувача відділу селекції та генетичних ресурсів, Інститут картоплярства НААН, e-mail: yamkovuy07@ukr.net, ORCID: 0009-0007-7386-1230.

Томаш А.І., в.о. завідувача лабораторії селекції, Інститут картоплярства НААН, e-mail: zachystroslyn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7236-141x.

Подберезко І.М., завідувач лабораторії імунітету та захисту рослин, Інститут картоплярства НААН, e-mail: zachystroslyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4975-2989.

Yamkovyi V.Y., candidate of agricultural sciences. head of the department plant breeding and genetic resources, Institute of Potato Research NAAS, e-mail: yamkovuy07@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9107-2250.

Tomach A.I., head of the laboratory plant breeding, Institute of Potato Research NAAS, e-mail: zachystroslyn@gmail.com, ORCID:0000-0001-7236-141x.

Podberezko I.M., head of the laboratory of immunity and plant protection, Institute of Potato Research NAAS, e-mail: super.irina077@ukr.net, ORCID:0000-0002-4975-2989.

Надійшла 10.02.2026

Прийнята до друку 11.04.2026

Опубліковано червень 2026

ОСОБЛИВОСТІ УСПАДКУВАННЯ ОЗНАК ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО КОЛОСА ГІБРИДАМИ F_1 *TRITICUM AESTIVUM* L.**Н.М. Хорошко, Л.А. Мурашко, В.В. Кириленко, О.В. Гуменюк, Є.В. Заїка***Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН (с. Центральне, Україна)*

Мета. Дослідити характер мінливості та ступінь фенотипового домінування основних елементів продуктивності головного колоса у гібридів першого покоління. **Методи.** Польовий дослід, генетико-статистичні методи. **Гібридні комбінації F_1 пшениці м'якої озимої, отримані за схрещування сортів за показниками якості зерна сильної пшениці: МПП Княжна, МПП Ювілейна, Аврора Миронівська, Покровська, Гейзер та Гладь.** У статті наведено результати дворічних досліджень (2024–2025 рр.) характеру успадкування кількісних ознак пшениці озимої. **Результати.** Встановлено, що більшість гібридних комбінацій детермінують продуктивність колоса за типом позитивного наддомінування (гетерозису), принаймні, прояв ознак істотно варіює залежно від умов року. **Висновки.** Визначено ступінь фенотипового домінування для кожної ознаки (довжина головного колоса, кількість та маса зерна з нього). Виявлено, що використання сортів МПП Княжна та Гейзер як батьківських компонентів забезпечує найвищий рівень гетерозисного ефекту. Це вказує на їх ймовірну селекційну цінність як зразків з високою комбінаційною здатністю. Виокремлено кращі гібридні комбінації, які за комплексом ознак мають стабільно високі показники елементів продуктивності, дає можливість рекомендувати їх як цінний вихідний матеріал для селекційних програм, спрямованих на підвищення потенціалу врожайності пшениці м'якої озимої.

Ключові слова: гетерозис, гібридна комбінація, пшениця м'яка озима, сорт, фенотипові домінування, ступінь домінування.

Постановка проблеми. Створення нових сортів пшениці озимої із комплексом цінних господарських ознак в умовах зростаючих варіювань погодних умов є одним із вирішальних завдань у селекції [1]. Найбільш ефективним методом створення сортів є внутрішньовидова гібридизація. Оскільки цей процес довготривалий, то завчасне визначення вдалих поєднань ознак у ранніх поколіннях є досить важливим питанням. Такий процес дає змогу спрогнозувати правильність вибору вихідного матеріалу батьківських форм для схрещування і селекційну цінність гібридних комбінацій [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головним завданням підвищення врожайності зерна пшениці озимої є ефективне використання сортових ресурсів, конкурентоспроможних та придатних до ґрунтово-кліматичних умов у певних регіонах [3]. Для отримання генотипів пшениці, що мають комплекс господарсько-цінних ознак, одним із найефективніших методів створення вихідного матеріалу є гібридизація. Вона забезпечує отримання

нових зразків, в яких можна комбінувати ознаки та властивості залежно від напрямів селекційної програми [4]. Проте ознака врожайності залишається базовим фактором, що визначає селекційну цінність зразка, і є складною сукупністю різних ознак структури продуктивності з одного боку та реакцією генотипу на зовнішній вплив абіотичних та біотичних чинників доквілля з іншого боку [5]. Підвищення продуктивності сортів – найбільш ефективний шлях збільшення валового виробництва зерна. Доведено, що найуспішніші схрещування відбуваються за використання батьківських компонентів, які стійкі до абіотичних і біотичних чинників навколишнього середовища, з високим потенціалом продуктивності, та адаптовані до місцевих умов вирощування. Тому селекційний процес має здійснюватися в умовах максимально близьких до виробничих, що створює передумови для виявлення найбільш пристосованих генотипів [6; 7].

Одним із важливих аспектів селекційної роботи на високу продуктивність є скринінг вихідного

матеріалу та отриманих гібридів за елементами структури продуктивності колоса. Це дає можливість оцінити потенціальний вклад прогеніторів до проведення схрещування і відібрати кращі з них, а також проаналізувати успадкування ознаки у гібридів першого покоління і, за потреби, у наступних поколіннях гібридів. Такий аналіз є цінним інструментом, що дозволяє відібрати батьків, що мають більший вклад в ознаку і в подальшому збільшити їх пропорцію у програмах схрещувань за створення високопродуктивних генотипів. Пошук шляхів поліпшення методів створення реалізації генетичного потенціалу вихідного матеріалу є актуальним завданням теоретичної та практичної складової селекції, що потребує пошуку нових генетичних джерел цінних господарських ознак і аналізу генетичного контролю їх успадкування за експериментальних схрещувань [8]. Це допомагає точніше прогнозувати, які комбінації схрещування місцевих сортів закріплюють корисні гени у наступних поколіннях і зумовлять розщеплення. Підбір батьківських компонентів для схрещувань значною мірою визначає успіх гібридизації. У процесі формування гібридів пшениці спадковість батьків є основою для створення нового генотипу [9]. У багатьох програмах фокус селекціонерів спрямований саме на аналіз ключових ознак продуктивності: довжини колоса, кількості та маси зерна з нього, аналіз їх дозволяє ефективніше добирати батьківські форми для схрещування, прогнозувати успадкування господарських важливих ознак і здійснювати результативний відбір цінних рекомбінантів у гібридних популяціях [10].

Розміри колоса пшениці озимої на тій чи іншій ділянці відрізняються як залежно від сортових відмінностей, так і гідротермічних умов року. У різних генотипів пшениці довжина колоса має чіткий фенотиповий прояв, тому вона є зручною і важливою ознакою у доборах на продуктивність яка успадковується і є надійним компонентом у селекційному процесі [11]. Досліджено, що ознака «довжина головного колоса» характеризується чітким фенотиповим проявом, є відносно сталою, генетично обумовленою сортовою ознакою, яка безмірно успадковується та детермінується багатьма генами, що локалізовані майже у всіх хромосомах культури, має чіткий фенотиповий прояв і є морфологічним маркером для ідентифікації цінних генотипів [12]. Ступінь фенотипового домінування за ознакою «довжина головного

колоса» пшениці залежить від сорту та генетичних особливостей [13].

Урожайність – це складна кількісна ознака, яка залежить від ступеня вираженості окремих елементів продуктивності, таких як кількість зерен із головного колоса. Кількість зерна у колосі, їх розмір значною мірою впливають на формування структури урожаю і маси зерна [14]. За дослідженнями вчених доведено, що ознака кількість зерен із головного колоса є найбільш стабільною і саме тому необхідно здійснювати добір за цим показником. Успадкування даної ознаки більш достовірне, та залежить від чинників навколишнього середовища. Ознака обумовлена спадковістю і може поліпшуватись селекційним способом та рекомендовано як критерій для добору вихідного матеріалу [15; 16].

Одне з основних місць у селекційному процесі відводиться масі зерна з головного колоса, що є важливим елементом структури врожайності, та має високий рівень успадкованості, трансгресивної мінливості і використовується як одне із найбільш важливих маркерів для досліджень та проведення доборів у селекції пшениці озимої [17]. Маса зерна як генетично обумовлена ознака, піддається істотному впливу умов довкілля та реалізується під час взаємодії генотип – середовище [18]. Окремими селекціонерами, що мали ефективні селекційні програми, було встановлено порогове значення маси зерна з колоса як ознаки прямо асоційованої з врожайністю і середнім коефіцієнтом успадкування.

Мета досліджень. Дослідити характер мінливості та ступінь фенотипового домінування основних елементів продуктивності головного колоса у гібридів першого покоління за схрещування сортів за показниками якості зерна сильної пшениці.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2024, 2025 рр. у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП) на полях лабораторії селекції озимої пшениці. **Методи.** Польовий дослід, генетико-статистичні методи.

У 2024, 2025 рр. здійснено прямі та зворотні схрещування шістьох сортів за показниками якості зерна сильної пшениці МІП Княжна, МІП Ювілейна, Аврора Миронівська – селекції МІП, Покровська, Гейзер, Гладь – селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насінництва та сортовивчення (СГІ–НЦНС), на основі яких створено 30 гібридів першого покоління. Ступінь фенотипового домінування у F_1 визначали за

методикою В. Griffing [19]. Одержані дані групували відповідно до класифікації G.M. Beil, R.E. Atkins [20]: числове значення $h_r > +1$ – гетерозис (наддомінування); $+0,5 < h_r \leq +1$ – часткове позитивне домінування; $-0,5 \leq h_r \leq +0,5$ – проміжне успадкування; $-1 \leq h_r < -0,5$ часткове від'ємне успадкування; $h_r < -1$ – депресія.

Погодні умови вегетаційних 2023/24, 2024/25 рр. істотно різнилися від середніх багаторічних даних в умовах центральної частини Лісостепу України (МПП).

Відновлення вегетації рослин пшениці м'якої озимої у 2023/24 р. було відмічено 21 березня за середньодобової температури повітря $+5,7^\circ\text{C}$ з наступним поступовим її підвищенням: $6,1^\circ\text{C}$ (22.03); $8,9^\circ\text{C}$ (23.03). У квітні середня температура повітря була на $3,2^\circ\text{C}$ вище за середній багаторічний показник, у травні – майже на рівні, а в червні та липні – перевищувала його на $2,0$ та $3,3^\circ\text{C}$ відповідно. За сумою опадів у березні та квітні відмічали надмірне вологозабезпечення – перевищення багаторічних даних становило $51,3$ і $24,6$ мм відповідно. Втім у травні спостерігали досить гострий дефіцит опадів – лише $5,8$ мм за середнього багаторічного показника $50,2$ мм (ГТК $0,12$). Червень характеризували як із надмірним вологозабезпеченням – становило $20,1$ мм (ГТК $1,59$), проте липень відзначили досить істотною нестачею зволоження – лише $7,3$ мм за середнього багаторічного показника $75,6$ мм (ГТК $0,10$). За період від відновлення вегетації до кінця липня сума опадів сягала $231,0$ мм, або $87,0\%$ порівняно з багаторічними даними ($265,6$ мм). Температурний максимум ($35,8^\circ\text{C}$) спостерігали 15 липня. Сума опадів за рік зафіксована $542,7$ мм, що на $45,2$ мм більше за середній багаторічний показник ($587,9$ мм). Максимальна ($102,5$ мм) кількість опадів припала на червень 2024 р. У середньому сума опадів за місяць становила $45,2$ мм. Згідно з гідротермічним коефіцієнтом 2023/24 вегетаційний рік був сильно посушливим (ГТК = $0,48$).

У вегетаційному 2024/25 р. середньомісячна температура у грудні 2024 р. січні та лютому 2025 р. була на рівні $-1,8$, $-3,4$ та $-0,8^\circ\text{C}$ відповідно, спостерігали сприятливі умови для перезимівлі рослин пшениці озимої. Абсолютний максимум температури повітря сягав $+6^\circ\text{C}$ (1 лютого), абсолютний мінімум $-14,0^\circ\text{C}$ (22 лютого). Відновлення вегетації відбулося 4 березня 2025 р. Поступове підвищення температури, яке супроводжувалося чергуванням теплих

та прохолодних періодів, максимально підвищувалася до $19\text{--}21^\circ\text{C}$ тепла, мінімальна знижувалася до $-2\text{--}4^\circ\text{C}$, за березень випало 12 мм. Квітень визначили контрастним, середня температура його зазначена на $1,1^\circ\text{C}$ вищою за середньобагаторічну і становила $10,9^\circ\text{C}$, сумарна кількість опадів $26,0$ мм, що на $15,1$ мм менше середньорічного показника.

У липні сума опадів сягала $60,6$ мм за середньобагаторічних даних $75,0$ мм, що свідчить про помірний дефіцит вологи. Найбільш несприятливою була перша декада даного місяця, упродовж якої випало лише $0,8$ мм опадів, тоді як основна їх кількість припала на другу та третю декади. Середньомісячна температура повітря становила $22,9^\circ\text{C}$, перевищивши середні показники на $1,5^\circ\text{C}$. Тому, липень характеризувався підвищеним температурним фоном і нерівномірним розподілом опадів, що сприяло підсушуванню ґрунту на початку місяця з частковим покращанням зволоження наприкінці. Згідно з гідротермічним коефіцієнтом 2024/25 вегетаційний рік відповідав посушливим умовам зволоження (ГТК = $0,74$).

Результати та їх обговорення. Відомо, що довжина головного колоса є полігенною ознакою з низьким або середнім коефіцієнтом успадкованості, яка найбільше модифікується залежно від генотипу та вологи і температури повітря [21].

За результатами біометричного аналізу 2024 р. F_1 залежно від 6 батьківських компонентів та 30 комбінацій схрещування визначено різну довжину головного колоса (табл. 1). В умовах звітнього року батьківські форми мали довжину колоса $8,7\text{--}9,4$ см, а довжина колоса гібридів – у межах $8,8\text{--}11,0$ см.

За довжиною головного колоса виділили гібриди: МПП Ювілейна / Аврора Миронівська ($11,0$ см), МПП Ювілейна / МПП Княжна ($10,5$ см), МПП Княжна / МПП Ювілейна, Гейзер / МПП Княжна, Гладь / МПП Ювілейна ($10,4$ см відповідно), Покровська / Гейзер ($10,3$ см), МПП Княжна / Гладь, Аврора Миронівська / МПП Княжна, Покровська / МПП Ювілейна, Покровська / Гладь, Гейзер / МПП Ювілейна ($10,2$ см відповідно) та ін. Більш високий рівень ознаки формували гібриди, в яких за участю материнської форми були сорти пшениці озимої МПП Княжна, МПП Ювілейна, Покровська, а за батьківську форму – Аврора Миронівська, МПП Ювілейна, МПП Княжна, Покровська, Гейзер та Гладь.

У досліді спостерігали різний характер успадкування за довжиною колоса від позитивного ($h_r = 15,0$) до частково від'ємного ($h_r = -1,0$) успадкування.

Позитивне наддомінування (гетерозис) встановлено у 25 (83,0%) гібридних комбінаціях. Найвищі показники гетерозису зафіксовано у гібридних комбінаціях пшениці озимої: Покровська / Гейзер, Гладь / Аврора Миронівська (hr = 15,0), Гладь / Гейзер (hr = 11,0), МПП Ювілейна / Аврора Миронівська, Покровська /

Аврора Миронівська (hr = 9,0), Гейзер / Покровська (hr = 8,0) та Аврора Миронівська / МПП Княжна, Гладь / МПП Ювілейна (hr = 5,0).

Частково позитивне домінування відмічено у гібридах – МПП Княжна / МПП Ювілейна (hr = 1,0), Гладь / Покровська (hr = 1,0), що сягало 7%.

Таблиця 1. Ступінь фенотипового домінування за довжиною головного колоса у F₁ пшениці озимої (2024, 2025 рр.)

Гібридна комбінація	Роки							
	2024				2025			
	довжина колоса, см			hr	довжина колоса, см			hr
	P ₁	P ₂	F ₁		P ₁	P ₂	F ₁	
МПП Княжна / Аврора МИР	9,4	9,0	9,9	3,5	8,2	7,0	7,0	-1,0
МПП Княжна / МПП Ювілейна	9,4	9,4	10,4	1,0	8,2	8,7	8,7	1,0
МПП Княжна / Покровська	9,4	8,9	10,0	3,4	8,2	7,6	7,9	0
МПП Княжна / Гейзер	9,4	8,7	10,0	2,71	8,2	6,4	7,2	-0,11
МПП Княжна / Гладь	9,4	8,9	10,2	4,2	8,2	6,6	8,5	1,3
МПП Ювілейна / Аврора МИР	9,4	9,0	11,0	9,0	8,7	7,0	8,2	0,41
МПП Ювілейна / МПП Княжна	9,4	9,4	10,5	1,1	8,7	8,2	8,9	1,8
МПП Ювілейна / Покровська3	9,4	8,9	10,1	3,8	8,7	7,6	9,2	1,91
МПП Ювілейна / Гейзер	9,4	8,7	9,8	2,14	8,7	6,4	8,1	0,48
МПП Ювілейна / Гладь	9,4	8,9	9,5	1,4	8,7	6,6	7,7	0,05
Аврора МИР / МПП Княжна	9,0	9,4	10,2	5,0	7,0	8,2	6,9	-1,17
Аврора МИР / МПП Ювілейна	9,0	9,4	10,1	4,5	7,0	8,7	7,5	-0,41
Аврора МИР / Покровська	9,0	8,9	9,1	3,0	7,0	7,6	7,1	-0,67
Аврора МИР / Гейзер	9,0	8,7	8,8	-0,33	7,0	6,4	7,7	3,33
Аврора МИР / Гладь	9,0	8,9	8,9	-1,0	7,0	6,6	6,5	-1,5
Покровська / Аврора МИР	8,9	9,0	9,4	9,0	7,6	7,0	7,4	0,33
Покровська / МПП Княжна	8,9	9,4	9,9	3,0	7,6	8,2	8,3	1,33
Покровська / МПП Ювілейна	8,9	9,4	10,2	4,2	7,6	8,7	7,6	-1,0
Покровська / Гейзер	8,9	8,7	10,3	15,0	7,6	6,4	7,6	1,0
Покровська / Гладь	8,9	8,9	10,2	1,3	7,6	6,6	7,0	-0,2
Гейзер / Аврора МИР	8,7	9,0	9,3	3,0	6,4	7,0	7,4	2,33
Гейзер / МПП Княжна	8,7	9,4	10,4	3,86	6,4	8,2	7,3	0
Гейзер / МПП Ювілейна	8,7	9,4	10,2	3,29	6,4	8,7	8,0	0,39
Гейзер / Покровська	8,7	8,9	9,6	8,0	6,4	7,6	7,7	1,17
Гейзер / Гладь	8,7	8,9	8,8	0	6,4	6,6	7,2	7,0
Гладь / Аврора МИР	8,9	9,0	9,7	15,0	6,6	7,0	6,9	0,5
Гладь / МПП Княжна	8,9	9,4	10,1	3,8	6,6	8,2	7,3	-0,13
Гладь / МПП Ювілейна	8,9	9,4	10,4	5,0	6,6	8,7	7,8	0,14
Гладь / Покровська	8,9	8,9	9,9	1,0	6,6	7,6	7,2	0,2
Гладь / Гейзер	8,9	8,7	9,9	11,0	6,6	6,4	7,0	5,0
середнє	9,1	9,1	9,9		7,4	7,4	7,6	
min	8,7	8,7	8,8		6,4	6,4	6,5	
max	9,4	9,4	11,0		8,7	8,7	9,2	

Примітки. 1. hr – ступінь домінування; 2. МИР – Миронівська.

Проміжне успадкування спостерігалось у двох (7%) гібридних комбінаціях Аврора Миронівська / Гейзер ($h_r = -0,33$), Гейзер / Гладь ($h_r = 0$), а частково від'ємне успадкування визначено у гібридній комбінації – Аврора Миронівська / Гладь ($h_r = -1,0$).

В умовах 2025 р. кращими за довжиною головного колоса, що перевершили середнє значення обох батьківських компонентів були гібриди F_1 – МІП Ювілейна / Покровська (9,2 см), МІП Ювілейна / МІП Княжна (8,9 см), МІП Княжна / МІП Ювілейна (8,7 см), МІП Княжна / Гладь (8,5 см), Покровська / МІП Княжна (8,3 см), МІП Ювілейна / Аврора Миронівська (8,2 см), МІП Ювілейна / Гейзер (8,1 см) та Гейзер / МІП Ювілейна (8,0 см) (табл. 1).

Встановлено, що за довжиною головного колоса гібриди F_1 проявили різний характер успадкування – від наддомінування ($h_r = 7$), до депресії ($h_r = -1,17$). Ступінь фенотипового домінування за ознакою «довжина головного колоса» у F_1 пшениці озимої знаходилась у межах від 7,0 до -0,11, що відповідає типу від наддомінування до часткового від'ємного успадкування. Гетерозис відмічено у дев'яти (30,0%) гібридних комбінаціях: Гейзер / Гладь ($h_r = 7,0$) Гладь / Гейзер ($h_r = 5,0$), Аврора Миронівська / Гейзер ($h_r = 3,33$), Гейзер / Аврора Миронівська ($h_r = 2,33$), МІП Ювілейна / Покровська ($h_r = 1,91$), МІП Ювілейна / МІП Княжна ($h_r = 1,8$), МІП Княжна / Гладь ($h_r = 1,38$) та Гейзер / Покровська ($h_r = 1,17$) та інших.

Частіше позитивне наддомінування проявлялось у гібридах за участю сорту Гейзер як у материнській, так і у батьківській формах. Частково позитивним успадкуванням виявлено у чотирьох (13%) гібридів – МІП Княжна / МІП Ювілейна, Покровська / Гейзер ($h_r = 1,0$), МІП Ювілейна / Гейзер ($h_r = 0,48$) та МІП Ювілейна / Аврора Миронівська ($h_r = 0,41$). Проміжне успадкування спостерігалось у 12 (40%) гібридів – Гладь / Аврора Миронівська ($h_r = 0,5$), Гейзер / МІП Ювілейна ($h_r = 0,39$), Гладь / Покровська ($h_r = 0,2$) та інші – депресія у двох (7%) гібридних комбінаціях. Найвищі показники наддомінування спостерігали у гібридних комбінаціях пшениці озимої: Гейзер / Гладь ($h_r = 7,0$), Гладь / Гейзер ($h_r = 5,0$), Аврора Миронівська / Гейзер ($h_r = 3,33$) та Гейзер / Аврора Миронівська ($h_r = 2,33$).

За два роки гетерозисний ефект за довжиною головного колоса встановлено в гібридах F_1 – МІП Ювілейна / Покровська ($h_r = 9,2$ (2024 р.); $h_r = ,91$ (2025 р.)), Покровська / МІП Княжна ($h_r = 8,3$, 1,33 відповідно), Гейзер / Покровська ($h_r = ,7$, 1,17 відповідно), Гейзер /

Гладь ($h_r = 7,2$, 7,0 відповідно), Гейзер / Аврора Миронівська ($h_r = 7,4$, 2,33 відповідно), та МІП Ювілейна / МІП Княжна (1,1; 1,8 відповідно).

У комбінації схрещування Гладь / Гейзер за два роки відзначали наддомінування за ознакою «довжина колоса» з високим числовим значенням (11,0; 5,0 відповідно). Такий високий рівень гетерозису свідчить про генетичну сумісність батьківських компонентів схрещування.

Основний показник продуктивності пшениці є кількість зерен у колосі. Для створення сортів пшениці м'якої озимої з більшою озерненістю колоса варто досліджувати прояв і успадкування даної ознаки для застосування в подальшій селекційній роботі з пшеницею в умовах Лісостепу України [22].

Кількість зерен у головному колосі гібридів F_1 коливалась від 63,3 до 50,5 шт., що на 4,8 шт. перевищувала максимальне значення (56,5 шт.) батьківських форм (табл. 2). В умовах 2024 р. зафіксовано максимальну кількість зерен у гібридних комбінаціях Гейзер / МІП Княжна (63,3 шт.), Гейзер / Покровська (62,3 шт.), Гейзер / МІП Ювілейна, МІП Ювілейна / Гейзер (61,0 шт.), Покровська / Гладь, Гладь / Гейзер (60,9 шт.), МІП Ювілейна / Гейзер (60,1 шт.), МІП Ювілейна / Аврора Миронівська, Гейзер / Аврора Миронівська (59,6 шт.), Гейзер / Аврора Миронівська (59,5 шт.) та Гейзер / Гладь (58,2 шт.). Найбільшу кількість зерен у колосі формували гібриди, у яких за материнську форму у схрещуванні брали сорт Гейзер.

Ступінь фенотипового домінування у 2024 р. за ознакою «кількість зерен з головного колоса» у F_1 пшениці озимої змінювався від 129,0 (Аврора Миронівська / МІП Княжна) до -0,4 (Аврора Миронівська / Гладь), що відповідає типу від наддомінування до проміжного успадкування. За період досліджень у групі схрещувань гетерозис за ознакою «кількість зерен з головного колоса» відмічали для 94,0 % гібридів F_1 .

Більш високий рівень ознаки продукували гібриди Аврора Миронівська / МІП Княжна ($h_r = 129,0$), МІП Княжна / Аврора Миронівська ($h_r = 69,0$), МІП Ювілейна / Аврора Миронівська ($h_r = 8,27$), Гладь / Гейзер ($h_r = 5,89$), МІП Княжна / Покровська ($h_r = 4,92$), Покровська / МІП Княжна ($h_r = 4,04$) та ін. Частково позитивне наддомінування спостерігали у гібриді пшениці озимої Аврора Миронівська / Гейзер ($h_r = 0,97$), проміжне успадкування – Аврора Миронівська / Гладь ($h_r = -0,40$).

В умовах 2025 р. гібриди F1 пшениці м'якої озимої сформували меншу кількість зерен у колосі порівняно з 2024 р. (табл. 2). Кількість зерен із колоса у F₁ коливалась від 32,6 шт. до 56,5 шт. за максимального значення батьківських компонентів 45,3 шт. Середні значення батьківських компонентів за ознакою

кількість зерен з головного колоса перевищили 16 (53,3%) гібридів F₁. Найвищу кількість зерен у колосі сформували гібриди: МІП Княжна / Гладь (56,5 шт.), МІП Ювілейна / Гейзер (53,3 шт.), МІП Ювілейна / Покровська (50,6 шт.) та МІП Княжна / Покровська (49,6 шт.).

Таблиця 2. Ступінь фенотипового домінування за кількістю зерен з головного колоса у F₁ пшениці озимої (2024, 2025 рр.)

Гібридна комбінація	Роки							
	2024				2025			
	кількість зерен,шт.			hp	кількість зерен,шт.			hp
	P ₁	P ₂	F ₁		P ₁	P ₂	F ₁	
МІП Княжна / Аврора МИР	48,6	48,7	52,1	69,0	45,3	33,9	45,4	1,02
МІП Княжна / МІП Ювілейна	48,6	45,7	52,0	3,34	45,3	43,0	43,6	-0,48
МІП Княжна / Покровська	48,6	51,1	56,0	4,92	45,3	42,6	49,6	4,19
МІП Княжна / Гейзер	48,6	56,5	57,9	1,35	45,3	37,5	42,9	0,38
МІП Княжна / Гладь	48,6	54,7	56,6	1,62	45,3	34,8	56,5	3,13
МІП Ювілейна / Аврора МИР	45,7	48,7	59,6	8,27	43,0	33,9	45,3	1,51
МІП Ювілейна / МІП Княжна	45,7	48,6	52,6	3,76	43,0	45,3	45,9	1,52
МІП Ювілейна / Покровська	45,7	51,1	52,3	1,44	43,0	42,6	50,6	39,00
МІП Ювілейна / Гейзер	45,7	56,5	60,1	1,67	43,0	37,5	53,3	4,75
МІП Ювілейна / Гладь	45,7	54,7	55,0	1,07	43,0	34,8	42,2	-0,08
Аврора МИР / МІП Княжна	48,7	48,6	55,1	129,00	33,9	45,3	38,0	-0,28
Аврора МИР / МІП Ювілейна	48,7	45,7	53,2	4,00	33,9	43,0	38,9	-0,10
Аврора МИР / Покровська	48,7	51,1	53,3	2,83	33,9	42,6	38,8	0,13
Аврора МИР / Гейзер	48,7	56,5	56,4	0,97	33,9	37,5	45,6	5,50
Аврора МИР / Гладь	48,7	54,7	50,5	-0,40	33,9	34,8	32,6	-3,89
Покровська / Аврора МИР	51,1	48,7	54,2	3,58	42,6	33,9	42,4	0,95
Покровська / МІП Княжна	51,1	48,6	54,9	4,04	42,6	45,3	46,8	2,11
Покровська / МІП Ювілейна	51,1	45,7	55,8	2,74	42,6	43,0	42,9	0,50
Покровська / Гейзер	51,1	56,5	57,7	1,44	42,6	37,5	44,8	1,86
Покровська / Гладь	51,1	54,7	60,9	4,44	42,6	34,8	46,2	1,92
Гейзер / Аврора МИР	56,5	48,7	59,5	1,77	37,5	33,9	46,0	5,72
Гейзер / МІП Княжна	56,5	48,6	63,3	2,72	37,5	45,3	46,9	1,41
Гейзер / МІП Ювілейна	56,5	45,7	61,0	1,83	37,5	43,0	43,9	1,33
Гейзер / Покровська	56,5	51,1	62,3	3,15	37,5	42,6	48,0	3,12
Гейзер / Гладь	56,5	54,7	58,2	2,89	37,5	34,8	47,6	8,48
Гладь / Аврора МИР	54,7	48,7	55,5	1,27	34,8	33,9	40,0	12,56
Гладь / МІП Княжна	54,7	48,6	54,9	1,07	34,8	45,3	46,2	1,17
Гладь / МІП Ювілейна	54,7	45,7	58,1	1,76	34,8	43,0	45,5	1,61
Гладь / Покровська	54,7	51,1	57,1	2,33	34,8	42,6	41,4	0,69
Гладь / Гейзер	54,7	56,5	60,9	5,89	34,8	37,5	40,3	3,07
середнє	50,9	50,9	56,6		39,5	39,5	44,6	
min	45,7	45,7	50,5		33,9	33,9	32,6	
max	56,5	56,5	63,3		45,3	45,3	56,5	

Примітки. 1. hp – ступінь домінування; 2. МИР – Миронівська.

Ступінь фенотипового домінування за ознакою «кількість зерен із головного колоса» у F_1 пшениці озимої змінювався від 39,0 (позитивне успадкування), до -0,1 (проміжне успадкування), що відповідає типу від наддомінування до депресії. Наддомінування відмічено у 20 (67%) гібридних комбінаціях, кращі з них були МП Ювілейна / Покровська ($h_r = 39,0$), Гладь / Аврора Миронівська ($h_r = 12,5$), Гейзер / Гладь ($h_r = 8,4$), Аврора Миронівська / Гейзер ($h_r = 5,5$), МП Ювілейна / Гейзер ($h_r = 4,7$), МП Княжна / Покровська ($h_r = 4,19$) та ін. Частково позитивне домінування виявили у двох гібридних комбінаціях – Покровська / Аврора Миронівська ($h_r = 0,95$), Гладь / Покровська ($h_r = 0,69$). Проміжне успадкування відзначили у семи (23%), а депресію у одній (3%) гібридній комбінації F_1 .

За два роки досліджень гетерозис за ознакою «кількості зерен з головного колоса» виявили у 19 (63,3%), кращі гібридні комбінації: МП Ювілейна / Аврора Миронівська ($h_r = 8,27$, 1,51 відповідно), Гладь / Гейзер ($h_r = 5,89$, 3,07 відповідно), МП Княжна / Покровська ($h_r = 4,92$, 4,19 відповідно), Гейзер / МП Ювілейна ($h_r = 3,15$, 3,12 відповідно), Гейзер / Гладь ($h_r = 2,89$, 8,48 відповідно), Гейзер / Аврора Миронівська ($h_r = 1,77$, 5,72 відповідно), Гладь / Аврора Миронівська ($h_r = 1,27$, 12,56 відповідно) та ін.

Важлива роль у селекційній практиці належить масі зерна з головного колоса, як важливому компоненту структури врожайності, що має високий рівень успадкованості та трансгресивної мінливості і використовується як маркер для проведення доборів [23].

Проведені експериментальні дані свідчать, що у 2024 р. 19 (63,3%) гібридів перевищували батьківські форми і формували масу зерна від 2,4 г Аврора Миронівська / Гладь до 3,1 г Гейзер / МП Княжна (табл. 3).

Більшу за середню по гібридах (2,7 г) масу із головного колоса встановили у: Гейзер / МП Княжна (3,1 г), МП Ювілейна / Аврора Миронівська, Аврора Миронівська / МП Княжна (3,0 г), Гладь / Гейзер, Гладь / МП Княжна (2,9 г), МП Княжна / Гейзер, МП Княжна / Аврора Миронівська, МП Княжна / Покровська (2,8 г) та ін.

Ступінь фенотипового домінування за ознакою маси зерна з головного колоса у F_1 пшениці озимої змінювався від 14,0 до -0,05, що відповідає типу від наддомінування до депресії. Аналізуючи показники ступеня фенотипового домінування в F_1 встановлено, що всі 20 (67%) гібриди детермінували масу зерна

з головного колоса за позитивним наддомінуванням. Найбільше значення досліджуваної ознаки визначили у таких гібридних комбінаціях: Гейзер / МП Княжна ($h_r = 14,0$), МП Княжна / Гейзер ($h_r = 8,0$), Аврора Миронівська / МП Княжна ($h_r = 6,4$), Покровська / МП Ювілейна ($h_r = 5,4$), Гладь / МП Княжна ($h_r = 5,0$), Гейзер / Покровська ($h_r = 4,3$) та МП Княжна / Аврора Миронівська ($h_r = 3,9$). Частково позитивне наддомінування відмічено у п'яти (17,0%) гібридних комбінаціях: МП Княжна / МП Ювілейна ($h_r = 1,0$), Аврора Миронівська / МП Ювілейна ($h_r = 0,96$), Гладь / Покровська ($h_r = 0,94$), МП Ювілейна / Гладь ($h_r = 0,91$), Аврора Миронівська / Гейзер ($h_r = 0,58$) та проміжне успадкування – у чотирьох (13%), депресію виявлено у генотипі – Гейзер / Гладь.

Середні показники маси зерна із колоса гібридів і вихідних форм (2025 р.) були значно нижчими, ніж у 2024 р., значення ознаки знаходилось у межах від 1,5 до 2,6 г (табл. 3). За ознакою маси зерна з колоса перевищили середнє по досліді 11 (36,6%) гібридних комбінацій F_1 . Більшу за середню по гібридах (2,1 г) масу із головного колоса встановили у комбінаціях: МП Княжна / Гладь (2,6 г), МП Ювілейна / Гейзер (2,4 г), МП Ювілейна / Покровська (2,39 г), Аврора Миронівська / Гейзер, МП Княжна / Аврора Миронівська, МП Ювілейна / Аврора Миронівська (2,3 г) та ін.

Ступінь фенотипового домінування за ознакою маси зерен з головного колоса у F_1 пшениці озимої змінювався від 55,0 (позитивне домінування) до -0,45 (від'ємне домінування). У 2025 р. за ознакою «маса зерна з головного колоса» найбільшу селекційну цінність становили 17 (57,0%) гібридних комбінацій Гейзер / Гладь ($h_r = 55,0$), МП Ювілейна / Покровська ($h_r = 47,0$), Аврора Миронівська / Гейзер ($h_r = 16,1$), Гейзер / Аврора Миронівська ($h_r = 12,5$), МП Ювілейна / Аврора Миронівська ($h_r = 3,9$), МП Ювілейна / Гейзер ($h_r = 3,9$), що підтвердили високий ступінь гетерозису. У восьми (57,0%) гібридів спостерігалось часткове позитивне наддомінування, у двох (7,0%) – проміжне успадкування, один (3,0%) – частково від'ємне успадкування. Прояв депресії встановлено у гібридних комбінаціях МП Княжна / МП Ювілейна та Гладь / Гейзер.

За два роки досліджень гетерозис за ознакою маси зерна з колоса виявили у 12 (40,0%), кращі гібридні комбінації: Гейзер / Покровська ($h_r = 4,38$ за 2024 р., – 2025 р. 1,68), МП Княжна / Аврора Миронівська ($h_r =$

= 3,91, 1,44 відповідно), МІП Ювілейна / Гейзер (hp = 2,62, 3,72 відповідно), Покровська / МІП Княжна (hp = 2,5, 1,69 відповідно), МІП Княжна / Гладь (hp = 2,45, 2,48 відповідно), МІП Ювілейна / Аврора Миронівська (hp = 2,38, 3,96 відповідно), МІП Ювілейна / МІП Княжна (hp = 2,13, 1,23 відповідно), Гейзер / Аврора Миронівська (hp = 1,95, 12,56 відповідно), МІП Ювілейна / Покровська (hp = 1,8, 47,0 відповідно), Покровська / Гейзер (hp = 1,25, 1,11 відповідно), Гладь / МІП Ювілейна (hp = 1,22, 2,32 відповідно) та Аврора Миронівська / Покровська (hp = 1,11, 1,69 відповідно).

Таблиця 3. Ступінь фенотипового домінування за масою зерен із головного колоса F₁ пшениці м'якої озимої (2024, 2025 рр.)

Гібридна комбінація	Роки							
	2024				2025			
	маса зерна з колоса, г			hp	маса зерна з колоса, г			hp
	P ₁	P ₂	F ₁		P ₁	P ₂	F ₁	
МІП Княжна / Аврора МИР	2,59	2,70	2,86	3,91	2,19	1,64	2,31	1,44
МІП Княжна / МІП Ювілейна	2,59	2,25	2,59	1,00	2,19	1,91	1,80	-1,79
МІП Княжна / Покровська	2,59	2,35	2,82	2,92	2,19	1,93	2,16	0,77
МІП Княжна / Гейзер	2,59	2,51	2,87	8,00	2,19	1,55	1,87	0,00
МІП Княжна / Гладь	2,59	2,70	2,78	2,45	2,19	1,53	2,68	2,48
МІП Ювілейна / Аврора МИР	2,25	2,70	3,01	2,38	1,91	1,64	2,31	3,96
МІП Ювілейна / МІП Княжна	2,25	2,59	2,78	2,12	1,91	2,19	2,22	1,21
МІП Ювілейна / Покровська	2,25	2,35	2,39	1,80	1,91	1,93	2,39	47,00
МІП Ювілейна / Гейзер	2,25	2,51	2,72	2,62	1,91	1,55	2,40	3,72
МІП Ювілейна / Гладь	2,25	2,70	2,68	0,91	1,91	1,53	1,85	0,68
Аврора МИР / МІП Княжна	2,70	2,59	3,00	6,45	1,64	2,19	2,06	0,53
Аврора МИР / МІП Ювілейна	2,70	2,25	2,69	0,96	1,64	1,91	1,89	0,85
Аврора МИР / Покровська	2,70	2,35	2,72	1,11	1,64	1,93	2,03	1,69
Аврора МИР / Гейзер	2,70	2,51	2,66	0,58	1,64	1,55	2,32	16,11
Аврора МИР / Гладь	2,70	2,70	2,40	-0,30	1,64	1,53	1,56	-0,45
Покровська / Аврора МИР	2,35	2,70	2,53	0,03	1,93	1,64	2,05	1,83
Покровська / МІП Княжна	2,35	2,59	2,77	2,50	1,93	2,19	2,28	1,69
Покровська / МІП Ювілейна	2,35	2,25	2,57	5,40	1,93	1,91	1,91	-1,00
Покровська / Гейзер	2,35	2,51	2,53	1,25	1,93	1,55	1,95	1,11
Покровська / Гладь	2,35	2,70	2,59	0,37	1,93	1,53	2,00	1,35
Гейзер / Аврора МИР	2,51	2,70	2,79	1,95	1,55	1,64	2,16	12,56
Гейзер / МІП Княжна	2,51	2,59	3,11	14,00	1,55	2,19	2,09	0,69
Гейзер / МІП Ювілейна	2,51	2,25	2,69	2,38	1,55	1,91	1,89	0,89
Гейзер / Покровська	2,51	2,35	2,78	4,38	1,55	1,93	2,06	1,68
Гейзер / Гладь	2,51	2,70	2,50	-1,11	1,55	1,53	2,09	55,00
Гладь / Аврора МИР	2,70	2,70	2,65	-0,05	1,53	1,64	1,75	3,00
Гладь / МІП Княжна	2,70	2,59	2,92	5,00	1,53	2,19	2,03	0,52
Гладь / МІП Ювілейна	2,70	2,25	2,75	1,22	1,53	1,91	2,16	2,32
Гладь / Покровська	2,70	2,35	2,69	0,94	1,53	1,93	1,89	0,80
Гладь / Гейзер	2,70	2,51	2,93	3,42	1,53	1,55	1,50	-4,00
середнє	2,5	2,5	2,7		1,8	1,8	2,1	
min	2,3	2,3	2,4		1,5	1,5	1,5	
max	2,7	2,7	3,1		2,2	2,2	2,7	

Примітки. hp – ступінь домінування; МИР – Миронівська.

Таблиця 4. Характер успадкування ознак елементів продуктивності головного колоса (2024, 2025 рр.)

Гібридна комбінація	Характер успадкування:		
	за елементами головного колоса		
	довжина, см.	кількість зерен, шт.	вага зерна, г
МПП Княжна / Гейзер	НД	НД	НД
МПП Ювілейна / МПП Княжна	НД	НД	НД
МПП Ювілейна / Покровська	НД	НД	НД
Покровська / МПП Княжна	НД	НД	НД
Гейзер / Аврора Миронівська	НД	НД	НД
Гладь / Покровська	НД	ЧПД	НД

Примітки. НД – наддомінування (гетерозис); ЧПД – частково позитивне домінування.

За роки дослідження (2024, 2025 рр.) успадкуванням ознак елементів продуктивності колоса виокремили гібридні комбінації F_1 : МПП Княжна / Гейзер, МПП Ювілейна / МПП Княжна, МПП Ювілейна / Покровська, Покровська / МПП Княжна, Гейзер / Аврора Миронівська та Гладь / Покровська, що проявили високий ступінь гетерозису за елементами головного колоса (табл. 4).

Дані комбінації проявили стабільне наддомінування за трьома показниками, вони є перспективними для підвищення загальної врожайності, мають добру генетичну сумісність сортів, розкривали високий потенціал для збільшення маси та кількості зерна. Таке поєднання ознак елементів продуктивності головного колоса є ключовим чинником для відбору кращих ліній у наступних поколіннях.

У гібридній комбінації Гладь / Покровська спостерігали відмінний характер успадкування: за кількістю зерен спостерігали ЧПД, тоді як за довжиною колоса та вагою зерна — НД. Це вказує на те, що підібрані батьківські пари мають високу комбінаційну здатність.

Більш високий ступінь ознак елементів продуктивності головного колоса генерували гібриди за участю як материнської, так і батьківської форм сортів МПП Княжна та Гейзер.

Висновки

- Встановлено, що довжина головного колоса є високомодифікаційною ознакою. У 2024 р. у 83% комбінацій спостерігали позитивне наддомінування (гетерозис). У 2025 р. цей показник знизився до 30%, втім стабільний гетерозисний ефект протягом двох років зберігався у гібридів: МПП Княжна / Гладь, МПП Ювілейна /

МПП Княжна, МПП Ювілейна / Покровська, Покровська / МПП Княжна, Гейзер / Аврора Миронівська, Гейзер / Покровська, Гейзер / Гладь та Гладь / Гейзер.

- Визначено, що ознака кількість зерен із головного колоса, успадковується переважно за типом позитивного наддомінування: у 94% гібридів у 2024 р. та 67% у 2025 р. Найбільшу кількість зерен у колосі (60,9–63,3 шт.) формували гібриди, де за материнську форму виступав сорт Гейзер. За два роки кращими комбінаціями визначено: МПП Княжна / Покровська, МПП Княжна / Гладь, Гейзер / МПП Ювілейна, Гейзер / Покровська та ін.
- У 2024 р. 67% гібридів проявили позитивне наддомінування, а максимальні показники виявили у комбінації Гейзер / МПП Княжна ($h_p = 14,0$). У 2025 р. найвищий ступінь гетерозису зафіксовано у гібридних комбінаціях – Гейзер / Гладь ($h_p = 55,0$) та МПП Ювілейна / Покровська ($h_p = 47,0$). Протягом двох років стабільно високу продуктивність колоса демонстрували 12 гібридних комбінацій (40%).
- За результатами комплексного аналізу елементів продуктивності колоса виокремлено найбільш перспективні гібриди: МПП Княжна / Гейзер, МПП Ювілейна / МПП Княжна, МПП Ювілейна / Покровська, Покровська / МПП Княжна та Гейзер / Аврора Миронівська. Ці комбінації стабільно проявляли наддомінування (гетерозис) за всіма основними показниками, що свідчить про їхню цінність для подальшої селекції на високу врожайність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чернобай, Ю. О., & Рябчун, В. К. (2020). Формування довжини колосу та кількість колосків у гібридів першого покоління пшениці м'якої озимої. У *Збірник тез міжнародної наукової Інтернет-конференції, присвяченої ювілейним датам від дня народження вчених-рослинників академіка АН УРСР Страхова Т. Д., професора Кучумова П. В.* (с. 106–107). Харків.
2. Бакуменко, О. М., & Власенко, В. А. (2015). Гетерозис та успадкування маси 1000 насінин в F1 пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Автохтонні та інтродуковані рослини*, 11, 67–73.
3. Juraev, D. T., Dilmurodov, S. D., Kayumov, N. S., Xujakulova, S. R., & Karshiyeva, U. S. (2023). Оцінка генетичної мінливості та біометричних показників у сортів хлібної пшениці: значення для сучасних методів селекції. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 10(4), 335–351.
4. Shcherbakova, Y.U. (2021). Успадкування господарсько-цінних ознак у міжсортівних гібридів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепу. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 55(2), 16–20. https://nor-ijournal.com/wpcontent/uploads/2023/09/NJD_55_2.pdf.
5. Ali, S., Khan, N., & Tang, Y. (2022). Епігенетичні маркери для зменшення впливу абіотичних стресів у рослин. *Journal of Plant Physiology*, 275, 153740.
6. Lozinskiy, M.L., et al. (2021). Оцінка селекційних ліній м'якої озимої пшениці за масою зерна головного колоса. *Agronomy Research*, 19(2), 540–551.
7. Гуменюк, О.В., Кириленко, В.В., Сабатин, В.Я., & Дубовик, Н.С. (2023). Прояв фенотипового домінування та ступінь трансгресії у F1 та F2 за елементами продуктивності колоса пшениці м'якої озимої. *Агробіологія*, 1, 6–14.
8. Моргун, В.В., Рибалка, О.І., & Дубровна, О.В. (2021). Генетичне поліпшення рослин: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*, 53(2), 112–127.
9. Кириленко, В.В., Гуменюк, О.В., Сабатин, В.Я., & Дубовик, Н. С. (2023). Вплив екологічних факторів на показники зерна у F1 гібридів пшениці. У *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 59–62). Біла Церква: БНАУ.
10. Філіцька, О.О. (2022). Особливості успадкування довжини головного колоса у гібридів пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації*, 16, 143–149.
11. Жупина, А.Ю., Базалій, Г.Г., Усик, Л.О., Марченко, Т.Ю., & Лавриненко, Ю.О. (2022). Успадкування довжини колосу гібридами пшениці озимої різного походження. *Аграрні інновації*, 11, 74–82.
12. Diordiieva, I., Riabovol, I., & Riabovol, L. (2020). Удосконалення селекції тритикале шляхом внутрішньовидової та віддаленої гібридизації. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(4), 67–71.
13. Швець, О.А., & Сухомлін, Р.С. (2022). Добір трансгресивних за продуктивністю ліній пшениці м'якої озимої. У *Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 303–306). Харків.
14. Лозінський, М.В., Самойлик, М.О., & Устинова, Г.Л. (2023). Зернова продуктивність головного колоса пшениці залежно від екотипу. У *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 139–141). Одеса.
15. Tsenov, N., Gubатов, T., & Yanchev, I. (2020). Кореляції між урожайністю та ознаками зерна пшениці в різних умовах середовища. *Agricultural Science and Technology*, 12, 295–300.
16. Хоменко, С.О., Федоренко, М.В., & Чугункова, Т.В. (2021). Успадкування та гетерозис у гібридів твердої пшениці. *Цитологія і генетика*, 55(4), 16–25.
17. Лозінський, М.В., Устинова, Г.Л., Ображій, С.В., & Діхтяренко, В.М. (2021). Успадкування маси зерна головного колоса у пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації*, 9, 61–68.
18. Жупина, А.Ю., Базалій, Г.Г., Усик, Л.О., Марченко, Т.Ю., & ін. (2022). Успадкування маси зерна колоса у гібридів пшениці озимої. *Аграрні інновації*, 14, 152–160.
19. Griffing, B. (1950). Аналіз кількісної генетичної дії. *Genetics*, 35(3), 303–321. <https://doi.org/10.1093/genetics/35.3.303>.
20. Beil, G.M., & Atkins, R.E. (1965). Успадкування кількісних ознак у зернового сорго. *Iowa State Journal*, 39(3), 3. <http://kist.edu.ua/textPhD/met-DataManing.pdf>.
21. Лозінський, М.В., Устинова, Г.Л., Гуцалюк, Н.В., Крицька, М.А., Преліпов, Р.А., & Бакуменко, А.Ю. (2021). Трансгресивна мінливість у гібридів пшениці. *Агробіологія*, 2, 95–105.
22. Лозінський, М.В., & Самойлик, М.О. (2023). Успадкування кількості зерен колоса у пшениці різних екотипів. *Агробіологія*, 2, 78–87.
23. Лозінська, Т.П. (2019). Успадкування та трансгресивна мінливість маси зерна колоса у пшениці ярої. *АГОС. Мистецтво наукової думки*, 4, 129–131.

Khoroshko N.M., Murashko L.A., Kyrylenko V.V., Humenyuk O.V., Zaika Ye.V.

Features of the inheritance of productivity traits in the main ear of F₁ hybrids of *Triticum aestivum* L.

Aim. To investigate the nature of variability and the degree of phenotypic dominance of the main elements of main ear productivity in first-generation hybrids. **Methods.** Field experiment, genetic-statistical methods. F₁ hybrid combinations of soft winter wheat obtained by crossing varieties selected for strong wheat grain quality traits: MIP Knyazhna, MIP Yuvileina, Aurora Myronivska, Pokrovska, Geyser, and Glad. The article presents the results of two-year studies (2024–2025) on the inheritance of quantitative traits in winter wheat. **Results.** It was established that most hybrid combinations determine ear productivity via positive overdominance (heterosis), although the expression of traits varies significantly depending on annual conditions. **Conclusions.** The degree of phenotypic dominance was determined for each trait (main spike length, number and weight of grains per spike). It was found that using the MIP Knyazhna and Geyser varieties as parental components provides the highest level of heterosis. The best hybrid combinations were identified, which, based on a complex of traits, exhibit consistently high productivity indicators, allowing them to be recommended as valuable starting material for breeding programs aimed at increasing the yield potential of soft winter wheat.

Key words: heterosis, hybrid combination, soft winter wheat, variety, phenotypic dominance, degree of dominance.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Хорошко Н.М., аспірантка, молодший науковий співробітник лабораторії якості зерна, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-0663-1968.

Мурашко Л. А., науковий співробітник лабораторії селекції ярої пшениці, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-0438-7682.

Кириленко В.В., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступниця директора з наукової роботи, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-8096-4488.

Гуменюк О. В., кандидат с.-г. наук, завідувач лабораторії селекції озимої пшениці, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0002-1147-088X.

Заїка Є. В., кандидат с.-г. наук, старший наук. співробітник лабораторії селекції озимої пшениці, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, ORCID: 0000-0001-8918-3824.

Khoroshko N.M., PhD student, junior researcher at the Grain Quality Laboratory, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0002-0663-1968.

Murashko L.A., Researcher at the Spring Wheat Breeding Laboratory, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0002-0438-7682.

Kyrylenko V.V., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Deputy Director, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0002-8096-4488.

Humenyuk O.V., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Winter Wheat Breeding Laboratory, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0002-1147-088X.

Zaika Ye. V., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Winter Wheat Breeding Laboratory, the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS, ORCID: 0000-0001-8918-3824.

Надійшла 20.02.2026

Прийнята до друку 11.04.2026

Опубліковано червень 2026

З'їзди, конференції, наради

31-Й ГЕНЕРАЛЬНИЙ З'ЇЗД ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ЛУКІВНИКІВ (EGF2026)

31-й Генеральний з'їзд Європейської федерації луківників (EGF2026) відбувся з 12 по 16 квітня 2026 р. в м. Евора – адміністративний центр округу (Португалія).

Організаторами заходу були Португальське товариство пасовищ та кормів у партнерстві з Середземноморським інститутом сільського господарства, довкілля та розвитку, Університетом Евори та Національним інститутом сільськогосподарських і ветеринарних досліджень під керівництвом президента Оргкомітету, доктора, професора Йозефа Алмейди, який спільно з відповідальним секретарем Європейської федерації луківників доктором, професором Агнес ван ден Пол-ван Дасселар з Нідерландів і відкрив цей з'їзд. У процесі проведення заходу з вітальними словом виступили Міністр сільськогосподарства Португалії та ректор Університету Евори, а також привітали концертними номерами фольклорні ансамблі з представників старого і нового покоління із використанням національних пісень, одягу та музичних інструментів.

З'їзд став наймасштабнішою науковою платформою останніх років для обговорення майбутнього кормовиробництва та управління пасовищами в Європі. Проведення заходу в регіоні Алентежу, який є частиною Світової спадщини ЮНЕСКО, дало можливість інтегрувати багатовікові традиції агро-сільвопасторального землекористування із найсучаснішими технологічними рішеннями в галузі прецизійного сільського господарства. Було залучено також 13 спонсорів і 12 партнерів (прихильників).

Цього разу з'їзд зібрав близько 500 делегатів із 32 країн, у переважній більшості з Європи, а також із США, Канади, Австралії, Індії, арабських країн, країн Південної Америки тощо. Найбільше учасників було з Португалії (56), Нідерландів (28), Франції (27) та Ірландії (18), Іспанії (18) Швейцарії (19), Норвегії (14), Німеччини (17). Україну на з'їзді представляли постійний представник України в Європейській федерації луківників головний науковий співробітник відділу кормовиробництва ННЦ «ІЗ НААН», доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН Володимир КУРГАНІК і член виконавчого комітету федерації від країн Східної Європи, завідувач відділу польових кормових культур, сіножатей і пасовищ Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, к. с.-г. н, Юрій ВЕКЛЕНКО.

Генеральний з'їзд проведено за загальною темою «Виклики та інновації для стійкості пасовищ», де основна увага була зосереджена на ролі сіножатей і пасовищ у сучасному сільськогосподарському виробництві, зокрема, в екологічній та продовольчій безпеці Європи. На цьому зібранні були представлені результати досліджень науковців із різних країн Європи та світу, діяльність різних фермерських господарств у Португалії, які спрямовані на поліпшення, збереження та відновлення лукопасовищних угідь, які забезпечують розвиток кормової бази тварин і тваринництва в цілому, агролісомеліорації та прибутковості фермерів.

У перший день брав участь у засіданні робочих груп «Майстер-клас», де в доповідях пропонувались і обговорювались питання поліпшення та раціонального використання пасовищ із застосуванням новітніх підходів на теми:

- методи вимірювання викидів парникових газів пасовищ для пом'якшення вуглецевого циклу з використанням статичних та динамічних камер для фіксації потоків N₂O та CH₄ з поверхні ґрунту;
- дистанційне зондування пасовищ із використанням сенсорів із метою управління випасом на пасовищах із використанням БПЛА, спеціальних платформ та супутників для збору даних про поведінку тварин та стан рослинного покриву;
- система випасу як важливий чинник стійкості лучних екосистем та стабільності галузі тваринництва, де увага була зосереджена на опитуванні щодо сучасного стану випасу, демонстрації роботи сенсорів щодо поведінки тварин у реальних умовах, обговоренні інновацій у сфері «віртуальних огорож».

Заслухано пленарні, секційні та постерні доповіді, які включали такі ключові наукові напрями:

1 – зміна клімату та луки: стратегії адаптації, поглинання вуглецю, управління ґрунтами та водними ресурсами, а також нові технології;

2 – агролісівництво, скотарство та суспільство: роль луків у стійких системах землеробства, тваринництва, біорізноманіття та мінлива роль скотарства;

3 – селекція для нових викликів: інноваційні види рослин, стратегії селекції для адаптації до клімату, скорочення викидів та генетичного різноманіття;

4 – системи сталого тваринництва: управління на основі луків, екосистемні послуги, точне тваринництво, самозабезпечення білком та маркування продукції;

5 – інструменти політики щодо луків та сільських районів: державна політика, екосхеми та стратегії стійкості для підтримки сільськогосподарських підприємств.

За напрямом 1 обговорювалось питання здатності луків адаптуватися до екстремальних погодних умов та їхня роль у секвестрації вуглецю як стратегії пом'якшення наслідків глобального потепління. Показано як різні режими випасу впливають на стабільність ґрунтового покриву та водних ресурсів. Увагу акцентовано на тому, що лучні угіддя сприяють накопиченню органічної речовини в ґрунті, складовою якої є вуглець, що критично важливо для посушливих регіонів південної Європи, а також і України. Показано можливості математичного моделювання емісії парникових газів, за допомогою якого можна прогнозувати викиди CO₂, що важливо для лучних екосистем в сучасних умовах глобального потепління.

Напрямок 2 присвячений синергії між деревною рослинністю, чагарниками, багаторічними травами та худобою в агролісомеліоративних системах. Прикладом такого обговорення стала пленарна доповідь Хелени Гімарайнш з Університету Евори «Складний шлях майбутніх луків: хто перший, люди чи політика?» акцентувала увагу на соціо-екологічному підході та важливості трансдисциплінарних процесів у підтримці прийняття рішень. Основна ідея полягає в балансуванні між добробутом фермерів, очікуваннями споживачів, благополуччям тварин та збереженням біорізноманіття. Запровадження середземноморських агролісівницьких систем, де поєднується вирощування деревних рослин (коркового або кам'яного дуба, винограду, оливки чи волоських горіхів тощо) з випасом худоби особливо є актуальним для ґрунтово-кліматичних умов Португалії з напівпустельним середземноморським кліматом і де переважають малородючі гірські буроземні ґрунти. Тому в Португалії розорано лише 20 % земель, переважно в долинах річок, які придатні для вирощування однорічних культур. Однією з найбільших є р. Тежу, яка часто згадується в народних піснях як годувальниця жителів країни.

Решта площі зайнята переважно екстенсивними луками і пасовищами у поєднанні з деревно-чагарниковою рослинністю, що дає можливість отримувати пасовищні корми для худоби та продукцію (деревину, корок, жолуді для свиней, горіхи, ягоди тощо), яку дають дерева. Завдяки затіненню дерев в умовах напівпустельного клімату, трава не так швидко висихає в літній період внаслідок дефіциту вологи. Все це дає фермерам із мінімальними затратами на кам'янистих ґрунтах отримувати прибутки та забезпечувати роботою сільське населення. Інтенсивне луківництво з культурним травостоєм запроваджено на ділянках з рівним рельєфом та зібраним камінням за зрошення.

У напрямі 3 основна увага була приділена селекції рослин, переважно кормового спрямування, в умовах нових викликів. Нові сортозразки мають відповідати мінливим погодним умовам, зокрема – бути адаптованими до посушливих умов місцезростання з середземноморським кліматом; виведення та впровадження сортів нових видів рослин, які відповідають традиційним і сучасним фермерським системам; селекція сортів зі зниженим потенціалом емісії метану під час травлення; використання генетичних ознак рослин для зменшення викидів азоту під час випасу; виведення сортів рослин, які відповідають сучасному різноманіттю тварин, стійких до теплового стресу та місцевих шкідників і хвороб.

За напрямом 4 розглянуто питання стосовно сталих систем тваринництва в контексті: адаптивного управління луками, яке орієнтовано на конкретні ділянки та екосистемні послуги, які обумовлені випасанням худоба; самозабезпечення протеїном як жуйних, так і інших видів тварин; впровадження систем прецизійного (точного) тваринництва, яке забезпечує проведення моніторингу їх здоров'я та продуктивності; проведення маркування та контролю якості продукції тваринництва (м'яса, молока, вовни, органічних добрив, тощо), отриманих на основі випасу, як способу підвищення ефективності його ведення.

Напрямок 5 стосується державного, територіального, суспільного та наукового супроводу (управління) як наукового та політичного інструменту для: подолання глобальних викликів, аналізу ефективності існуючих і перспективних екосхем та програм розвитку сільських територій, що запобігають втраті пасовищ; створення «буферів» проти майбутніх економічних і кліматичних шоків через державну

підтримку багатофункціональних луків, які поширені в Португалії.

Під час роботи з'їзду всього заслухано 512 пристендових доповідей. Від України представлено пристендову доповідь на тему «Зернова та кормова продуктивність пирію середнього (Кернзи) в Україні» (автори Kurhak V., Veklenko Y., Dmytruk Y., Cherlinka V., Crews T., Warner R., Panfilova A., Marinich L., Lapchynskyy V., Kolomiets L., Tkachenko A., Mykytyuk S., Neymet I.), яка була підготовлена на підставі досліджень у п'яти локаціях України, що виконувались за договором з Інститутом землі (США) і яка відзначена на EGF 2026 почесною грамотою як одна з кращих.

Слухання наукових доповідей було доповнено п'ятьма екскурсійними турами в середині роботи з'їзду, на яких акцентовано увагу про загрозливий вплив зміни клімату на європейські луки, зокрема на їхню продуктивність та біорізноманіття, що вимагає зміцнення їхньої стійкості шляхом адаптивного управління, покращання ґрунтових та водних ресурсів, ефективних практик випасу, стратегій секвестрації вуглецю та використання нових технологій для підтримки сталого розвитку.

Це було продемонстровано на прикладі відвідування:

- різних середземноморських ферм із природними та поліпшеними зрошуваними луками, відповідно з екстенсивним та системним випасом великої рогатої худоби, переважно м'ясного напрямку, овець та свиней, а також із впровадженням середземноморських агролісівницьких систем, де поєднується вирощування коркового або кам'яного дуба, винограду, оливков чи волоських горіхів з випасом худоби;
- Португальської насінневої компанії з вирощування насіння на площі 1700 га, переважно бобових кормових культур, яка розробляє нові сорти та оцінює їхні суміші із злаками на стійкість до екстремальних умов та кормову продуктивність, а також Національної станції селекції рослин, яка зареєструвала 35 різних видів кормових і польових культур;
- ферм з утримання та годівлі великої рогатої худоби та овець, які спеціалізуються на виробництві, переважно м'яса, де також продемонстровано сучасні середземноморські методи землекористування.

Під час роботи 31 Генерального з'їзду Європейської федерації луківників (EGF-2026), який став визначальною подією щодо формування стратегії стійкості лукопасовищних систем Європи відбулось засідання Виконавчого комітету, де за моїм, як постійний представник від України у федерації (Україна вже є повноправним членом EGF, яка є структурною частиною ЄС, а не кандидатом у члени), поданням, як член виконавчого комітету EGF від країн Східної Європи брав участь зав. лабораторії Інституту кормів та сільськогосподарства Поділля НААН Юрій Векленко. Під головуванням Президента організаційного комітету Жозе Педро Фрагозо де Алмейда, обговорювалися питання співпраці з Асоціацією Європейських Тваринників і фінансової моделі федерації луківників, відбулось звітування про проведені симпозиуми та з'їз EGF ди у 2025 і 2026 рр., а також затвердження наукових програм наступних симпозиуму (Румунія, 2027 р.) та з'їзду (Данія 2028 р.), обговорено також план роботи EGF у 2029 і 2030 рр. з проведенням подальших симпозиуму і з'їзду, відповідно в Чехії та Естонії. Для української сторони це забезпечило рівноправний доступ до механізмів формування політики Федерації на перспективу.

За участь у роботі 31-го Генерального з'їзду Європейської федерації луківників (EGF 2026) буде видано сертифікат участі або посвідчення про стажування.

Пропозиції для використання отриманих знань на Генеральному з'їзді.

Пропоную матеріали 31-го генерального з'їзду Європейської федерації луківників (EGF 2024), який відбувся з 12 по 16 квітня 2026 р. в м. Евора, Португалія, що були представлені в «Майстер-класі», пленарних і пристендових доповідях та екскурсійних турах під час проведення цього зібрання використати у науково-дослідній роботі під час планування досліджень, як новітні літературні джерела за написання статей, звітів, монографій тощо, а також за розроблення пропозицій для впровадження у сільськогосподарське виробництво.

Під час роботи Генерального з'їзду були налагоджені та поглиблені міжнародні зв'язки з провідними вченими-луківниками Португалії, Польщі, Естонії, Латвії, Литви, Швейцарії, Швеції, Нідерландів та інших країн. Домовлено також про згоду трьох науковців із Польщі та Литви бути членами редколегії науково-теоретичного журналу ННЦ «ІЗ НААН» «Землеробство та рослинництво: теорія і практика».

Позитивний досвід роботи Португальського товариства, пасовищ та кормів та Університету Евори та інших навчальних закладів та фермерських господарств запропоновано використати для проведення досліджень з кормовиробництва та луківництва в науково-дослідних установах Національної академії аграрних наук, зокрема й у рамках Європейських проєктів, а також впровадження новітніх методів стосовно забезпечення тварин дешевими трав'яними кормами з впровадженням:

- лісомеліоративних систем, які поєднують випас тварин із вирощуванням горіхів, енергетичних культур тощо;
- систем органічного та точного землеробства на основі формування «Еко-схем»;
- пасовищного утримання тварин у літній період із застосуванням сучасних методів дистанційного

зондування з використанням сенсорів, спеціальних платформ, БПЛА або супутників для збору даних про поведінку тварин та стан рослинного покриву;

- сучасних методів селекції і насінництва кормових культур, зокрема багаторічних трав з формуванням спеціальних насінницьких центрів.

*Головний науковий співробітник відділу
кормовиробництва ННЦ «ІЗ НААН»,*

доктор с.-г. наук, професор,

член-кореспондент НААН,

Володимир КУРГАН,

завідувач відділу польових кормових культур,

сіножатей і пасовищ Інституту кормів та

сільського господарства Поділля НААН, к. с.-г. н.,

Юрій ВЕКЛЕНКО

ІВАНУ ВАСИЛЬОВИЧУ МАРТИНЮКУ – 75



Відомому вченому в галузі рослинництва та землеробства, доктору сільськогосподарських наук, академіку Міжнародної академії наук екології та безпеки (МАНЕБ), заслуженому працівнику сільського господарства України, головному науковому співробітнику відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» Івану Васильовичу Мартинюку виповнюється 75 років.

Народився ювіляр 1 квітня 1951 р. у с. Сверхківці Заліщицького р-ну Тернопільської обл. Свою трудову біографію розпочав ще в шкільні роки (1965–1969 рр.) як різноробочий у колгоспі «Молода гвардія» Заліщицького р-ну Тернопільської обл. В 1969–1971 рр. служив у рядах Радянської Армії (виконував інтернаціональний обов’язок в Арабській Республіці Єгипет), де за 1,5 роки війни пізнав ціну людському життю і був нагороджений 4 орденами, 17 медалями і нагрудним знаком «Ветеран війни».

Професійну освіту Іван Васильович здобував спочатку у Бучацькому радгоспі-технікумі (1971–1973 рр.). Після закінчення технікуму працював головним агрономом у колгоспі «Молода гвардія». У 1979 р. майбутній науковець успішно закінчив Українську сільськогосподарську академію (1974–1979 рр., нині – Національний університет біоресурсів і природокористування України). Рішенням Державної екзаменаційної комісії йому присвоєно кваліфікацію вченого агронома. Далі свою творчу біографію Мартинюк Іван Васильович продовжує начальником захисту рослин Старовижівського р-ну Волинської обл. (1979–1982 рр.). Після закінчення аспірантури в Українському науково-дослідному інституті (1985 р., нині – ННЦ «ІЗ НААН») захистив кандидатську дисертацію на тему: «Ефективність гербіцидів і їх комплексів у посадках картоплі в умовах Полісся УРСР» (1986 р.) з присудженням наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю – загальне землеробство і займав посади молодшого наукового і наукового

співробітника лабораторії боротьби з бур'янами, а згодом старшого наукового співробітника лабораторії інтенсивних технологій однонасінних кормових буряків Українського НДІ землеробства.

З 1997 по 2007 рр. Іван Васильович працював у центральному апараті Міністерства аграрної політики України на посадах головного спеціаліста Відділу виробництва зерна, заступника начальника Головного управління землеробства та маркетингу рослинницької продукції, а з 2003 р. – заступником директора Департаменту економічної стратегії та розвитку аграрного ринку. У 2009 р. вчений захистив докторську дисертацію на тему: «Агротехнологічні основи вирощування однонасінних сортів кормових буряків в Україні».

З березня 2011 р. І. В. Мартинюк – старший науковий співробітник і завідувач лабораторії екологічної оцінки агротехнологій Інституту агроєкології і природокористування НААН. З вересня 2011 по 2012 рр. – головний науковий співробітник відділу сільськогосподарського землекористування і захисту ґрунтів від ерозії ННЦ «Інститут землеробства НААН». Упродовж 2018–2021 рр. – завідувач відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «Інститут землеробства НААН», а з січня 2021 р. – головний науковий співробітник цього самого відділу.

І. В. Мартинюк – автор понад 150 наукових і науково-методичних праць, зокрема 2-х монографій, 2-х підручників, 4-х наукових посібників, 9-ти науково-методичних рекомендацій та 4-х патентів.

Мартинюк Іван Васильович – відомий вчений в області обробітку ґрунту, гербології та використання

різноротаційних сівозмін в умовах України. Під його науковим керівництвом у стаціонарному досліді проводяться експериментальні дослідження високопродуктивних екологічно збалансованих сівозмін на фоні сучасного рівня їх інтенсифікації в умовах нестійкого зволоження та зміни клімату. Виконуються експериментальні дослідження ефективного використання добрив органічного спрямування (побічної продукції попередника, сидератів, органічних гранульованих добрив і їх поєднання) під сільськогосподарські культури короткоротаційних сівозмін.

За сумлінну й ефективну багаторічну наукову діяльність Мартинюка Івана Васильовича нагороджено відомчими і державними нагородами: «Почесна грамота Президента України» (2001), Почесна відзнака Міністерства аграрної політики та продовольства України «Знак пошани» (2001), «Почесна грамота Київської обласної державної адміністрації» (2004), «Подяка народного депутата України» (2005), «Почесна грамота Верховної Ради України» (2005), «Почесна грамота Міністерства аграрної політики України» (2000, 2001, 2004, 2006). У 2007 р. йому присвоєно почесне звання «Заслужений працівник сільського господарства України».

Щиро вітаючи ювіляра, зичимо йому міцного здоров'я, творчого натхнення, родинного тепла, благополуччя та подальшої успішної праці на науковій ниві!

*Колектив ННЦ «ІЗ НААН»,
відділ сівозмін і землеробства
на меліорованих землях
ННЦ «ІЗ НААН»*

Наукове видання

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

науково-теоретичний журнал

Випуск 2 (20), 2026

Підписано до друку 24.06.2026.
Формат 60х84/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 15,81.
Обл.-вид. арк. 14,9.
Наклад 50 пр. Зам. № .

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21027, м. Вінниця, вул. Келецька, 51а, прим. 143.
Тел.: (096) 973-09-34, (093) 891-38-52.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЖУРНАЛІ ЗЕМЛЕРОБСТВО ТА РОСЛИННИЦТВО: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

1. Представлені для публікації статті мають бути оригінальними (раніше не опублікованими в інших виданнях), в яких висвітлено результати наукових досліджень зі статистичною обробкою даних, що мають теоретичне та/чи практичне значення, а також є актуальними, відповідати профілю журналу та мати новизну.

Статті оглядового характеру публікуються за авторства провідних українських та зарубіжних учених, відомих фахівців у своїй галузі, як правило, докторів наук.

Статті подаються українською та англійською мовою.

2. До розгляду приймаються наукові статті обсягом від 10 до 20 сторінок, включаючи анотації, таблиці, рисунки та бібліографічні списки. Якщо стаття містить вагомі наукові результати, за рішенням редакційної колегії її обсяг може бути збільшено.

Формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм, міжрядковий інтервал – 1,5, кегль шрифту – 14, гарнітура – Times New Roman, абзац – 1,25 см (не допускається створення абзацного відступу за допомогою клавіші Tab і знаків пропуску); текст вирівнюється по ширині. Обов'язковим є використання в тексті тире, а не дефіса між цифрами на означення кількісних меж від...до (напр., 3–5 га) або часового інтервалу (напр., 2010–2015 рр.).

3. Структура статті:

- індекс УДК (*вирівнювання відповідно до лівого краю*);
- назва статті українською мовою (*вирівнювання по центру, напівжирний шрифт, великі літери*);
- ініціали та прізвище авторів, місце роботи/навчання (із вказанням міста, країни). Якщо автори з різних установ, то після прізвищ та назв установ, у яких вони працюють/навчаються, слід проставити однаковий верхній цифровий індекс;
- анотація (українська мова, обсяг 200–250 слів, або 1800–2000 знаків з пробілами, курсив, а також містити мету, методи, результати, висновки) повинна бути інформативною і змістовною. Має відображати вихідні дані, методологію та результати проведення досліджень, висновки та сферу застосування результатів. Не допускається використання невизначених скорочень або не вказаних посилань;
- ключові слова (5–10 слів), жодне з яких не дублює слова з назви статті;
- література;
- анотація (не менше 2000 знаків) та ключові слова англійською мовою (прізвища й ініціали авторів та назва статті обов'язково мають бути перекладені);
- відомості про авторів українською, англійською мовами.

За достовірність поданої інформації та якість перекладу статті відповідають автори.