

ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ

залежно від елементів технології вирощування в умовах Північного Степу України

Мета. Розробити способи підвищення ефективності системи захисту кукурудзи від бур'янів шляхом оптимізації застосування гербіцидів, підвищення фітоценотичної стійкості посівів і зниження хімічного навантаження в агроценозах. **Методи.** Дослідження проводили у польовому досліді лабораторії захисту рослин Інституту зернових культур НААН України на базі ДП ДГ «Дніпро» (північна підзона Степу України). Агротехніка вирощування кукурудзи відповідала загальноприйнятим рекомендаціям, попередник — пшениця озима. Схема трифакторного дослідження включала ґрунтові гербіциди (фактор А), підвищені дози добрив (фактор В) та способи внесення страхових гербіцидів (фактор С). **Результати.** Ґрунтові гербіциди були основним чинником контролю забур'яненості посівів кукурудзи, знижуючи початкову кількість бур'янів у 10—26 разів (до 1,4—3,3 шт./м²) та забезпечуючи стабільно низький рівень засміченості впродовж вегетації. Мінеральні добрива мали двофазний вплив: на ранніх етапах N₆₀P₆₀K₆₀ зменшував кількість бур'янів на 3—25%, а у другій половині вегетації сприяв їхньому зростанню на 18—140%, особливо без хімічного захисту. Рядкове внесення страхових гербіцидів забезпечувало додаткове зниження забур'яненості на 5—22% порівняно із суцільним способом. Максимальною середня урожайність зерна кукурудзи (7,50 т/га) була за поєднання підвищеної дози N₆₀P₆₀K₆₀, ґрунтового гербіциду та рядкового внесення страхових препаратів, що на 0,38—1,25 т/га перевищувало інші варіанти. **Висновки.** В умовах Північного Степу України поєднання інтенсивного мінерального живлення з обов'язковим застосуванням ґрунтових гербіцидів є визначальним для підвищення урожайності кукурудзи. Рядкове внесення страхових гербіцидів є ефективним елементом оптимізації системи захисту та забезпечує стабільний додатковий приріст урожаю.

¹В.Л. МАТЮХА,
доктор сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0002-5657-3524

²О.І. ЦИЛІУРИК,
доктор сільськогосподарських наук,
ORCID: 0000-0002-7479-8401

³С.С. СЕМЕНОВ,
доктор філософії,
ORCID: 0000-0001-8329-5438
¹ДУ Інститут зернових культур НААН
України, вул. Володимира Вернадського,
14, м. Дніпро, 49009, Україна

²Дніпровський державний аграрно-
економічний університет МОН України,
вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро,
49009, Україна

*E-mail: semenmart@gmail.com

кукурудза; технологія вирощування; бур'яни; гербіциди; добрива; урожайність

В умовах інтенсивного землеробства проблема забур'яненості посівів кукурудзи (*Zea mays* L.) залишається однією з ключових, оскільки бур'яни конкурують з культурою за ресурси та можуть знижувати врожайність на 20—50% залежно від умов вирощування. За світовими оцінками щорічні втрати від бур'янів у посівах кукурудзи перевищують 40 млрд доларів, що зумовлено, зокрема, поширенням резистентності до гербіцидів [1—3].

В Україні, де площі кукурудзи становлять 4—5 млн га, ця проблема особливо загострюється в умовах Північного Степу через нестабільне зволоження та високий потенціал засміченості ґрунтів. Втрати врожаю можуть досягати 15—30%, а в посушливі роки — до 50%. Незважаючи на широке використання гербіцидів, зростання резистентності

бур'янів і двоїстий вплив мінерального живлення ускладнюють ефективне управління агрофітоценозами [4].

Проблема має важливе значення як у науковому, так і в практичному аспектах, оскільки пов'язана із забезпеченням продовольчої безпеки, зниженням екологічного навантаження та адаптацією агротехнологій до кліматичних змін. Оптимізація взаємодії гербіцидів, добрив і способів їх внесення є важливою складовою сучасних систем точного землеробства. Аналіз сучасних досліджень свідчить, що поєднання ґрунтових і страхових гербіцидів з мінеральним живленням може знижувати забур'яненість на 50—70%, однак ефективність значною мірою залежить від способу внесення препаратів і рівня агрофону. Встановлено також двофазний характер дії добрив: позитивний на ранніх етапах розвитку культури та негативний у другій половині вегетації через стимуляцію бур'янів. Разом з тим, недостатньо вивченими залишаються питання комплексної взаємодії ґрунтових гербіцидів, підвищених доз мінерального живлення та способів внесення страхових препаратів у конкретних умовах Північного Степу України. Обмеженість таких даних стримує оптимізацію систем вирощування кукурудзи та знижує їхню економічну й екологічну ефективність [5].

Останні дослідження з контролю бур'янів у кукурудзі акцентують увагу на інтеграції хімічного захисту з агрономічними факторами, зокрема — мінеральним живленням. Ключовими є роботи з оцінки взаємодії гербіцидів і добрив. Наприклад, у

дослідженні Д. Недельковича та інших [6], проведеному у Сербії показано, що ґрунтові гербіциди (S-метолахлор + тербутилазини) затримують критичний період забур'яненості кукурудзи (BVCH 11—12), а високі дози добрив посилюють конкурентоспроможність культури, але вимагають точного внесення для уникнення стимуляції бур'янів. У США опитування стейкхолдерів серед 128 фермерів Середнього Заходу виявило, що понад 50% використовують страхові післясходові гербіциди, але резистентність бур'янів змушує ширше використовувати селективні гербіциди, а це зменшує витрати на 40% [7]. У Словенії продемонстрували, що покривні культури (конюшина) з гербіцидами пригнічують бур'яни на 70—80%, підвищуючи врожай кукурудзи на 0,7 т/га, але взаємодія з НРК потребує подальшого вивчення [8]. В Індії оцінили ґрунтові та післясходові гербіциди, показавши, що їхня комбінація з добривами знижує щільність бур'янового покриву на 60—80%, але рядкове внесення страхових препаратів підвищує ефективність на 15—20% порівняно із суцільним [9].

Дослідження вчених показують, що комбінація ґрунтових гербіцидів з добривами знижує забур'яненість на 50—70%, але двофазна дія добрив (позитивна на ранніх етапах, негативна на пізніх) вимагає адаптації [10]. За даними В. Сергієнко [11] гербіциди повністю пригнічують бур'яни за низької вологості, а високі дози добрив посилюють конкурентні властивості кукурудзи щодо бур'янів.

Незважаючи на значний прогрес у вивченні хімічного захисту кукурудзи, залишаються невирішеними аспекти взаємодії ґрунтових гербіцидів з рівнями мінерального живлення та способами внесення страхових препаратів у конкретних умовах Північного Степу України. Зокрема, недостатньо кількісно оцінено двофазну дію підвищених доз НРК на динаміку забур'яненості (стимуляція пізніх бур'янів без захисту), а також порівняльну

ефективність рядкового внесення страхових гербіцидів (як елемента точного землеробства) проти суцільного на високому агрофоні. Глобальні дослідження акцентують на резистентності та екологічних ризиках, але бракує регіональних даних для зон з обмеженням зволоженням, де нестабільність опадів впливає на активацію гербіцидів [12—15]. Рядкове внесення добрив розглядається як перспективний елемент точного землеробства, що дозволяє підвищити ефективність контролю бур'янів і зменшити хімічне навантаження [16].

Незважаючи на значну кількість досліджень з хімічного захисту кукурудзи, залишається недостатньо вивченим характер взаємодії факторів «ґрунтовий гербіцид — рівень мінерального живлення — спосіб внесення страхових гербіцидів» у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу України. Відсутність чітких даних щодо двофазної дії добрив на динаміку забур'яненості, а також щодо порівняльної ефективності рядкового та суцільного способів внесення страхових гербіцидів на високому агрофоні обмежує можливість оптимізації існуючих систем вирощування кукурудзи та знижує їхню економічну та екологічну ефективність [17].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки інтегрованих підходів до поєднання використання гербіцидів та мінерального живлення, які забезпечують підвищення урожайності кукурудзи, зниження витрат і екологічних ризиків в умовах нестабільного зволоження.

Мета роботи. Розробити способи підвищення ефективності системи захисту кукурудзи від бур'янів на основі застосування нових гербіцидів, посилення фітоценотичної стійкості посівів, зниження хімічного тиску в агроценозах.

Матеріали та методи досліджень. У 2021—2023 рр. дослідження проводили в польовому досліді лабораторії захисту рослин Інституту зернових культур НААН України на території до-

слідного господарства ДП ДГ «Дніпро», Дніпровського р-ну, Дніпропетровської обл. Господарство розміщене на правому березі річки Дніпро, у південно-східній частині Придніпровської височини, на висоті 130—140 м над рівнем моря.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений звичайним чорноземом середньосуглинкового гранулометричного складу з вмістом гумусу у орному шарі 4,2%, валового азоту — 0,2%, рухомого фосфору — 0,14%, обмінного калію — 2,4%.

Агротехнічні заходи з вирощування кукурудзи відповідали загальноприйнятим рекомендаціям. Попередником кукурудзи була пшениця озима. Схема 3-факторного дослідів мала ділянки першого порядку — ґрунтові гербіциди (фактор А), другого порядку — мінеральні добрива (фактор В), третього порядку — способи внесення страхових гербіцидів (фактор С).

Гербіцидний фон включав 2 варіанти:

1. Без гербіцидів;
2. Ґрунтовий гербіцид — Основа, КЕ (ацетохлор, 900 г/л), 2,5 л/га. Внесення у фазу 3—5 листків страхових гербіцидів — Стеллар, КС (топрамезон, 50 г/л + дикамба, 160 г/л), 0,5 л/га + Акріс, СК (диметенамід-П, 280 г/л + тербутилазин, 250 г/кг), 0,8 л/га + ПАР Метолат, РК, 0,5 л/га.

Технологія внесення гербіцидів передбачала чітке дотримання регламентів застосування препаратів з урахуванням фази розвитку культури, погодних умов та способу внесення. Ґрунтовий гербіцид Основа, КЕ (ацетохлор, 900 г/л) вносили суцільним способом одразу після сівби кукурудзи до появи сходів з нормою витрати робочого розчину 200—300 л/га з наступним загортанням у верхній шар ґрунту (3—5 см) за умов недостатнього зволоження.

Страхові гербіциди (Стеллар, КС + Акріс, СК + ПАР Метолат, РК) застосовували у фазу 3—5 листків кукурудзи. За суцільного

способу внесення обробку проводили штанговим обприскувачем із рівномірним покриттям всієї площі посіву. За рядкового внесення обробляли лише зону рядка завширшки 25–30 см, що дозволяло локалізувати дію препаратів у зоні найбільшої конкуренції між культурою і бур'янами та зменшити загальне пестицидне навантаження на агроценоз.

Обприскування проводили за швидкості вітру не більше 3–4 м/с, температури повітря 15–25°C та відносної вологості не нижче 60%, що забезпечувало оптимальні умови для прояву гербіцидної активності препаратів.

Система мінеральних добрив включала 3 варіанти внесення нітроамофоски:

1. Контроль (без добрив);
2. Перед сівбою $N_{30}P_{30}K_{30}$;
3. Перед сівбою $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Способи внесення страхових гербіцидів включали 2 варіанти:

1. Суцільне внесення;
2. Рядкове внесення.

Надземну забур'яненість посівів кукурудзи визначали шляхом підрахунку чисельності та видового складу бур'янів на фіксованих облікових майданчиках площею 0,25–0,50 м² у п'ятиразовій повторності, закладених по діагоналі ділянки. Обліки проводили в такі строки: перед внесенням страхових гербіцидів, через 20–25 діб після їх застосування, безпосередньо перед збиранням урожаю. Під час останнього обліку бур'яни додатково виривали для визначення їхньої сирови та повітряно-сухої маси [18–21].

Біологічну (технічну) ефективність післясходових гербіцидів оцінювали за їхньою здатністю знищувати бур'яни або пригнічувати їхній ріст і розвиток на різних етапах онтогенезу за формулою [19, 20]:

$$E = [(A - B) / A] \times 100,$$

де E — біологічна (технічна) ефективність (%); A — середня кількість бур'янів (шт./м²) або їхня маса (г/м²) на контрольному варіанті (без внесення гербіцидів); B — середня кількість бур'янів (шт./м²) або їхня маса

(г/м²) на варіанті застосування досліджуваного препарату.

Біометричні показники рослин кукурудзи (висота рослин і площа листової поверхні), а також основні елементи структури врожайності (озерненість качана, його довжина та діаметр, маса 1000 зерен) визначаються відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій [18, 19].

Для обліку урожаю виламували качани вручну, без обгортки, з усіх ділянок окремо, з подальшим зважуванням. Після цього з кожного варіанту відбирали проби масою 5 кг для подальшого підсушування, перерахунку врожайності на 14% вологості, визначення відсотка виходу зерна, його структурних елементів та хімічного складу зерна [19].

Результати дослідження. Дослідженнями доведено, що застосування гербіцидів є абсолютно домінуючим фактором, який визначає рівень засміченості посівів кукурудзи впродовж усього вегетаційного періоду (табл. 1). На варіантах з використанням гербіцидів кількість бур'янів перед внесенням страхових препаратів становила лише 1,4–3,3 шт./м², тоді як на фоні без гербіцидів цей показник варіював у межах 31,8–37,1 шт./м². Тобто, гербіциди забезпечували зниження початкової засміченості в 10–26 разів.

Через 21 день після внесення страхових гербіцидів (Стеллар, КС — 0,5 л/га + Акріс, СК — 0,8 л/га + ПАР Метолат, РК — 0,5 л/га) забур'яненість дещо зменшувалася, але ще залишалося 5,5–9,7 шт./м² проти 14,5–18,2 шт./м² на контролі без гербіцидів (зниження на 60–70%).

У фазі цвітіння волотей рівень забур'яненості на гербіцидному фоні становив 25,1–36,4 шт./м², тоді як без ґрунтових гербіцидів — 30,1–40,4 шт./м² (зниження на 10–20%). На момент збирання врожаю різниця зберігалася, хоча й була менш вираженою: 25,1–42,3 шт./м² на гербіцидному фоні проти 32,7–54,1 шт./м² без гербіцидів (зниження на 18–42%).

Внесення мінеральних добрив виявило чітко виражену двофазну дію на динаміку забур'яненості. На ранніх етапах вегетації (до фази 7–9 листків) вищі дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяли зменшенню кількості бур'янів на 1,1–5,3 шт./м² порівняно з контролем без добрив (зниження на 3–25%), що є достовірним за $HP_{0,05}$ для фактора В (1,9–2,3 та 1,6–2,0 шт./м² відповідно). Цей позитивний ефект пояснюється прискореним ростом і кращою конкурентною здатністю кукурудзи на високому фоні живлення у першій половині вегетації.

1. Забур'яненість кукурудзи залежно від фону мінерального живлення та застосування гербіцидів у середньому за 2021–2023 рр., шт./м²

Варіанти досліджу			Строки визначення				
ґрунтові гербіциди (фактор А)	мінеральні добрива (фактор В)	спосіб внесення гербіцидів (фактор С)	перед внесенням страхових гербіцидів	через 21 добу після внесення страхових гербіцидів	цвітіння волотей	збирання урожаю	
						шт./м²	г/м²
Без гербіцидів (контроль)	Контроль (без добрив)	–	37,1	18,2	31,4	14,7	34,1
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	32,4	16,1	38,2	19,2	41,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	32,9	15,1	40,4	20,1	54,1
Ґрунтові: Основа, КЕ — 2,5 л/га	Контроль (без добрив)	Суцільний	3,3	7,1	26,7	11,5	26,5
		Рядковий	3,0	6,5	25,3	10,3	25,1
Страхові: Стеллар, КС — 0,5 л/га + Акріс, СК — 0,8 л/га + ПАР Метолат, РК — 0,5 л/га	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Суцільний	2,1	7,9	34,2	14,8	36,7
		Рядковий	1,6	6,3	30,7	13,5	34,1
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Суцільний	2,0	9,7	36,4	16,1	42,3
		Рядковий	1,4	5,5	33	17,3	40,1
НІР _{0,05} , шт./м², г/м², для:							
гербіцидів (фактор А)			2,1—2,4	1,8—2,2	3,2—3,9	2,6—3,1	–
добрив (фактор В)			1,9—2,3	1,6—2,0	3,5—4,2	2,6—3,1	–
способу внесення (фактор С)			1,5—1,9	1,3—1,6	2,4—3,0	1,9—2,4	–

Починаючи з фази цвітіння волотей, дія змінюється на протилежну: на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ кількість бур'янів зростає на 6,3—17,6 шт./м² (на 18—70% порівняно з контролем без добрив), а на момент збирання врожаю — на 5,8—25,0 шт./м² (зростання на 25—140%, достовірно за $HIP_{0,05} = 3,5—4,2$ та 2,6—3,1 шт./м²). Найбільше збільшення засміченості від добрив спостерігалося саме на варіантах без гербіцидів, де високе мінеральне живлення суттєво стимулювало регенерацію та масовий розвиток пізніх однорічних бур'янів.

Рядкове внесення страхових гербіцидів у більшості варіантів забезпечувало кращий контроль забур'яненості порівняно із суцільним. Різниця становила 0,2—4,5 шт./м² на користь рядкового способу (покращення контролю на 5—22%), що є статистично достовірним за $HIP_{0,05}$ для фактору С (1,5—1,9; 1,3—1,6; 2,4—3,0; 1,9—2,4 шт./м² відповідно до фаз). Найбільша перевага рядкового внесення проявлялася на високому фоні мінерального живлення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) та на гербіцидному фоні, де воно дозволяло утримувати рівень забур'яненості на нижчому рівні — 3—5 шт./м².

Розрахунок біологічної (технічної) ефективності післясходових гербіцидів показав їхню високу результативність у контролі сегетальної рослинності. Зокрема, через 21 добу після внесення препаратів за суцільного способу обробки кількість бур'янів зменшувалася з 18,2 до 7,1 шт./м², що відповідає ефективності:

$$E = [(18,2 - 7,1) / 18,2] \times 100 = 61,0\%.$$

За рядкового способу внесення відповідні показники становили 18,2 та 6,5 шт./м², що забезпечувало ефективність:

$$E = [(18,2 - 6,5) / 18,2] \times 100 = 64,3\%.$$

На фоні підвищеного мінерального живлення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) ефективність гербіцидів дещо знижувалася через стимуляцію повторних хвиль бур'янів, однак залишалася на високому рівні —

55—68%. Найвищі значення технічної ефективності (до 70—75%) зафіксовано на ранніх етапах вегетації, що підтверджує доцільність своєчасного застосування страхових препаратів.

У середньому за роки досліджень рядкове внесення страхових гербіцидів забезпечувало підвищення біологічної ефективності на 3—8% порівняно із суцільним способом, що узгоджується з даними щодо зниження забур'яненості на 5—22%.

Одержані дані підтверджують, що в умовах Північного Степу України ґрунтові гербіциди залишаються основним і найефективнішим інструментом стримування забур'яненості кукурудзи впродовж усього вегетаційного періоду. Підвищені дози мінеральних добрив мають двоякий ефект — позитивний на ранніх етапах та негативний у другій половині вегетації. Рядкове внесення страхових гербіцидів демонструє стабільну та статистично достовірну перевагу над суцільним способом, що робить його перспективним елементом оптимізації систем хімічного захисту в зоні ризикованого землеробства.

За результатами досліджень основний вплив на біометричні показники кукурудзи здійснювали рівні мінерального живлення (фактор В), тоді як застосування

ґрунтових гербіцидів (фактор А) та спосіб внесення страхових гербіцидів (фактор С) мали значно менший і часто статистично недостовірний вплив (табл. 2).

На контролі без будь-яких гербіцидів і без внесення добрив рослини досягали висоти 248,5 см, мали діаметр стебла 25,5 мм, площа листової поверхні однієї рослини становила 44,1 дм², а маса зерна з качана — 124,5 г. Застосування лише мінеральних добрив без хімічного захисту призводило до поступового покращення всіх біометричних показників: на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ висота рослин зростала до 257,5 см, діаметр стебла — до 28,5 мм, площа листків — до 45,7 дм², а маса зерна з качана збільшувалася до 136,3 г; при підвищенні дози до $N_{60}P_{60}K_{60}$ відповідні значення становили вже 260,5 см, 31,5 мм, 47,7 дм² та 142,2 г відповідно, що свідчить про виражену позитивну реакцію рослин на зростання рівня мінерального живлення навіть за відсутності гербіцидного захисту.

Ґрунтові гербіциди в комплексі зі страховими забезпечували стабільно високі біометричні показники рослин, особливо на підвищених фонах мінерального живлення. Найкращі результати за більшістю параметрів (зокрема за діаметром стебла та масою зерна) фіксувалися за рядкового

2. Біометричні показники рослин кукурудзи залежно від фону мінерального живлення та способу внесення гербіцидів в середньому за 2021—2023 рр.

Варіанти дослідів			Висота рослин, см	Діаметр стебла, мм	Площа листівок з 1 рослини, дм²	Маса зерна з качана, г
ґрунтові гербіциди (фактор А)	мінеральні добрива (фактор В)	спосіб внесення гербіцидів (фактор С)				
Без гербіцидів	Контроль (без добрив)	–	248,5	25,5	44,1	124,5
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	257,5	28,5	45,7	136,3
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	260,5	31,5	47,7	142,2
Ґрунтові: Основа, КЕ — 2,5 л/га	Контроль (без добрив)	Суцільний	249,0	24,5	45,0	128,9
		Рядковий	247,1	26,3	44,7	127,5
Страхові: Стеллар, КС — 0,5 л/га + Акріс, СК — 0,8 л/га + ПАР Метолат, РК — 0,5 л/га	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Суцільний	259,0	29,5	49,3	136,9
		Рядковий	256,3	31,1	48,5	138,0
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Суцільний	260,5	31,5	50,0	142,2
		Рядковий	258,0	33,0	48,5	143,0
H _{IP} _{0,05} , шт./м², г/м², для: гербіцидів (фактор А) добрив (фактор В) способу внесення (фактор С)			2,1 7,9 1,7	2,2 2,5 1,2	2,5 4,4 1,3	4,0 6,2 2,4

внесення страхових гербіцидів на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$, що свідчить про перевагу цього агроприйому. Різниця між варіантами перевищувала значення найменшої істотної різниці ($HI_{P_{0,05}}$) для факторів А, В і С, що підтверджує достовірність виявлених закономірностей.

Щодо урожайності зерна кукурудзи то в середньому за 2021—2023 рр. вона суттєво залежала від рівня мінерального живлення та способу внесення страхових гербіцидів (табл. 3, рис.).

На контрольному варіанті без будь-яких гербіцидів і без добрив середня урожайність становила 6,25 т/га (з варіацією від 4,12 т/га у 2021 р. до 7,32 т/га у 2023 р.). Застосування лише мінеральних добрив без хімічного захисту призводило до помітного зростання врожайності: на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ вона підвищувалася до 6,80 т/га, а при подвоєнні дози до $N_{60}P_{60}K_{60}$ — до 7,08 т/га. Це свідчить про те, що підвищення рівня мінерального живлення ефективно реалізується рослинами навіть за умов високої забур'яненості, хоча й не досягає максимальних значень через конкуренцію з бур'янами.

Застосування ґрунтового гербіциду Основа КЕ (2,5 л/га) у по-

3. Урожайність кукурудзи залежно від фону мінерального живлення та способів застосування страхових гербіцидів за 2021—2023 рр., т/га

Варіанти досліджу			Урожайність зерна, т/га			
ґрунтові гербіциди (фактор А)	мінеральні добрива (фактор В)	спосіб внесення гербіцидів (фактор С)	2021	2022	2023	Середнє
Без гербіцидів	Контроль (без добрив)	–	4,12	5,17	7,32	6,25
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	4,62	5,74	7,85	6,80
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	4,95	6,1	8,06	7,08
Ґрунтові: Основа, КЕ — 2,5 л/га Страхові: Стеллар, КС — 0,5 л/га + Акріс, СК — 0,8 л/га + ПАР Метолат, РК — 0,5 л/га	Контроль (без добрив)	Суцільний	4,38	5,4	8,04	6,72
		Рядковий	4,85	6	8,17	7,09
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Суцільний	4,78	5,93	7,81	6,87
		Рядковий	5,15	6,39	8,06	7,23
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Суцільний	5,10	6,26	7,97	7,12
		Рядковий	5,48	6,74	8,25	7,50
H _P _{0,05} , шт./м ² , г/м ² , для:						
гербіцидів (фактор А)			0,10	0,11	0,16	–
добрив (фактор В)			0,36	0,41	0,64	–
способу внесення (фактор С)			0,24	0,29	0,32	–

єднанні зі страховими препаратами (Стеллар, КС — 0,5 л/га + Акріс, СК — 0,8 л/га + ПАР Метолат, РК — 0,5 л/га) забезпечувало суттєво вищу віддачу від добрив і загалом вищу урожайність. На фоні без добрив за суцільного внесення страхових гербіцидів середня урожайність становила 6,72 т/га, тоді як рядкове внесення давало помітно кращий результат — 7,09 т/га. Внесення добрив на цьому за-

хищеному фоні ще більше посилювало ефект: на рівні $N_{30}P_{30}K_{30}$ суцільне внесення страхових гербіцидів забезпечувало 6,87 т/га, а рядкове — 7,23 т/га. Найвищі показники фіксувалися на максимальному фоні живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$: суцільне внесення давало 7,12 т/га, тоді як рядкове — рекордні 7,50 т/га.

Найвищу урожайність зерна кукурудзи (7,50 т/га) отримали за умови повного хімічного захисту

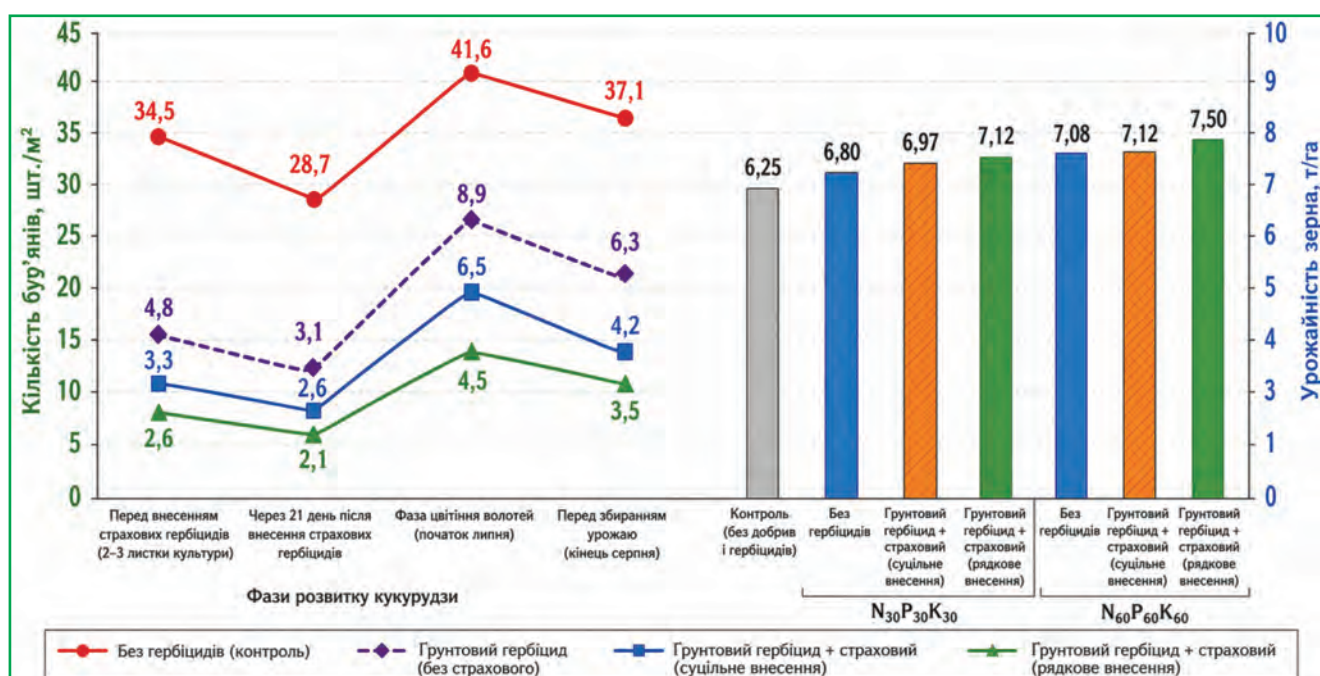


Рис. Залежність урожайності зерна кукурудзи від забур'яненості посівів у середньому за 2021—2023 рр.

(грунтовий гербіцид + страхові препарати рядковим способом) на фоні підвищеного мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Рядкове внесення страхових гербіцидів перевершувало суцільне в усіх варіантах з добривами, що пояснюється кращим збереженням культурних рослин, меншою фітотоксичністю та ефективнішим контролем бур'янів у зоні рядка. Різниця між основними факторами (наявність ґрунтових гербіцидів, рівень добрив та спосіб внесення страхових) перевищувала значення найменшої істотної різниці ($NI P_{0,05}$), що підтверджує достовірність виявлених закономірностей.

Одержані дані свідчать, що в умовах Північного Степу України для максимізації врожайності кукурудзи вирішальне значення має поєднання високого рівня мінерального живлення з обов'язковим застосуванням ґрунтових гербіцидів. Рядкове внесення страхових гербіцидів виступає ефективним елементом оптимізації системи захисту, що забезпечує стабільний додатковий приріст урожаю (в середньому 0,2—0,4 т/га) і є особливо цінним у роки з обмеженим зволоженням або високим потенціалом культури. Ці закономірності слід враховувати при розробці сучасних інтенсивних технологій вирощування кукурудзи в зоні ризикованого землеробства.

Обговорення. Отримані результати підтверджують визначальну роль ґрунтових гербіцидів як базового елементу контролю забур'яненості посівів кукурудзи в умовах Північного Степу України, однак їх ефективність доцільно розглядати у взаємодії з іншими технологічними факторами. Встановлене зниження початкової чисельності бур'янів у 10—26 разів узгоджується з даними зарубіжних досліджень, де підкреслюється ключова роль досходового контролю у подовженні критичного періоду чистоти посівів та формуванні конкурентної переваги культури [6]. Разом з тим, на відміну від умов достатнього зволоження, у зоні Степу ефективність ґрунтових гербіцидів

значною мірою залежить від забезпечення вологою, що зумовлює необхідність їх поєднання з післясходовими заходами.

Особливої уваги заслуговує встановлений двофазний характер впливу мінерального живлення на забур'яненість посівів. На ранніх етапах вегетації підвищені дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяють зниженню кількості бур'янів на 3—25%, що пояснюється прискореним ростом кукурудзи, швидшим змиканням листового пологів та ефективнішим використанням світла і вологи. Культура раніше переходить у фазу активної конкуренції та пригнічує бур'яни за рахунок алелопатичних і ценотичних механізмів. Подібні закономірності відзначені у роботах М. Бранкова [10] та В. Сергієнка [11], де підкреслюється роль оптимального живлення у посиленні конкурентоспроможності кукурудзи.

Водночас у другій половині вегетації спостерігається протилежний ефект — зростання забур'яненості на 18—140%, що свідчить про стимулюючу дію високого агрофону на пізні хвилі бур'янів. Це пояснюється тим, що після зниження інтенсивності росту культури та часткового розкриття пологів в міжряддях формується ресурсне середовище (підвищений вміст доступних елементів живлення та вологи), яке активно використовують бур'яни. Отже, мінеральне живлення виступає не лише фактором підвищення продуктивності культури, але й потенційним чинником активізації сегетальної рослинності, що підтверджує необхідність його інтеграції з ефективною системою гербіцидного захисту.

Важливим результатом є встановлення переваг рядкового внесення страхових гербіцидів порівняно із суцільним способом. Виявлене додаткове зниження забур'яненості на 5—22% свідчить про більш ефективне використання діючої речовини у зоні розміщення культури. Механізм цього ефекту полягає у локалізації гербіцидного навантаження безпосередньо в рядку, де формується основна конкуренція між культурою і бур'янами, а також у

зменшенні фітотоксичного впливу на рослини кукурудзи. Подібні підходи відповідають сучасним тенденціям точного землеробства, спрямованим на зниження норм витрати пестицидів і підвищення їхньої селективності [9, 16].

У США та ЄС акцент робиться на інтегрованих системах захисту, що поєднують хімічні, агротехнічні та біологічні методи, з метою зменшення використання пестицидів на 50% до 2030 р. відповідно до Європейського Зеленого курсу (EU Green Deal) [22—23]. В Азії (Індія, Китай) та Латинській Америці проблема ускладнюється тропічним кліматом, де бур'яни розвиваються швидше, а використання гербіцидів сягає 95% посівних площ кукурудзи. Взаємодія мінерального живлення з ефективністю гербіцидів є актуальною, оскільки високі дози NPK можуть стимулювати ріст як культури, так і бур'янів, вимагаючи оптимізації внесення добрив для посилення конкурентоспроможності кукурудзи [24—25].

Узагальнюючи результати досліджень, слід відзначити, що максимальна ефективність системи захисту кукурудзи досягається лише за інтегрованого поєднання всіх досліджуваних факторів. Поєднання ґрунтового гербіциду, підвищеного рівня мінерального живлення та рядкового внесення страхових препаратів дозволяє не лише мінімізувати забур'яненість, але й забезпечити найбільш повну реалізацію продуктивного потенціалу культури. Такий підхід відповідає сучасній концепції інтегрованого управління бур'янами, де ключове значення має не окремий агроприйом, а їхня раціональна комбінація з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону.

У нашій роботі вперше для умов Північного Степу України встановлено домінуючу роль ґрунтових гербіцидів у контролі забур'яненості посівів кукурудзи (зниження у 10—26 разів, до 1,4—3,3 шт./м²) та кількісно обґрунтовано двофазний характер дії підвищених доз мінерального живлення ($N_{60}P_{60}K_{60}$), за якого

на ранніх етапах забур'яненість зменшується на 3—25%, а у другій половині вегетації зростає на 18—140%. Уточнено ефективність способів внесення страхових гербіцидів — доведено перевагу рядкового способу (додаткове зниження забур'яненості на 5—22%), а також обґрунтовано інтегровану модель поєднання елементів технології, яка забезпечує максимальну урожайність кукурудзи 7,50 т/га з приростом 0,38—1,25 т/га порівняно з альтернативними варіантами.

Встановлені закономірності дають змогу оптимізувати систему захисту посівів від бур'янів шляхом обґрунтованого поєднання ґрунтових гербіцидів, підвищених доз мінерального живлення та способу внесення страхових препаратів. Зокрема, застосування ґрунтового гербіциду забезпечує зниження початкової забур'яненості у 10—26 разів (до 1,4—3,3 шт./м²), що створює сприятливі умови для стартового росту культури та формування її конкурентних переваг. Водночас використання підвищеного агрофону N₆₀P₆₀K₆₀ доцільно лише за наявності ефективного гербіцидного захисту, оскільки без нього кількість бур'янів у другій половині вегетації зростає на 25—140%, що призводить до суттєвих втрат урожаю. Практично важливим є встановлення переваг рядкового внесення страхових гербіцидів, яке забезпечує додаткове зниження забур'яненості на 5—22% (на 0,2—4,5 шт./м²) та сприяє підвищенню урожайності зерна на 0,2—0,4 т/га порівняно із суцільним способом. За оптимального поєднання всіх досліджуваних факторів (ґрунтовий гербіцид + N₆₀P₆₀K₆₀ + рядкове внесення страхових препаратів) досягається максимальна середня урожайність 7,50 т/га, що на 0,38—1,25 т/га перевищує альтернативні варіанти технології.

Одержані результати можуть бути використані для розробки адаптивних інтенсивних технологій вирощування кукурудзи, спрямованих на підвищення рентабельності виробництва, зниження гербіцидного наван-

таження на агроценози та забезпечення стабільного формування врожаю в умовах нестабільного зволоження.

ВИСНОВКИ

Застосування ґрунтових гербіцидів є абсолютно домінуючим фактором контролю забур'яненості посівів кукурудзи впродовж усього вегетаційного періоду: їх використання знижувало початкову кількість бур'янів у 10—26 разів (з 31,8—37,1 шт./м² до 1,4—3,3 шт./м²), забезпечуючи стабільно низький рівень засміченості на всіх етапах розвитку культури.

Мінеральні добрива мають чітко виражену двофазну дію на динаміку забур'яненості: на ранніх етапах вегетації вищі дози N₆₀P₆₀K₆₀ зменшували кількість бур'янів на 3—25%, тоді як починаючи з фази цвітіння волотей вони стимулювали зростання бур'янів на 18—140%, а на момент збирання врожаю — на 25—140% (до +25,0 шт./м²), особливо виражено на варіантах без хімічного захисту.

Рядкове внесення страхових гербіцидів забезпечувало стабільно кращий контроль забур'яненості порівняно із суцільним — додаткове зниження на 5—22% (0,2—4,5 шт./м²), з найбільшою перевагою на високому фоні мінерального живлення N₆₀P₆₀K₆₀, де рівень бур'янів залишався на 3—5 шт./м² нижчим.

Біологічна (технічна) ефективність післясходових гербіцидів становила 55—75% залежно від фону мінерального живлення та способу внесення, при цьому рядкове застосування забезпечувало підвищення ефективності на 3—8%.

Максимальна середня урожайність зерна кукурудзи (7,50 т/га) була досягнута лише за умови поєднання підвищеного рівня мінерального живлення N₆₀P₆₀K₆₀ з обов'язковим застосуванням ґрунтового гербіциду та рядковим внесенням страхових препаратів, що на 0,38—1,25 т/га перевищувало варіанти без ґрунтового захисту або з суцільним способом застосування страхових гербіцидів.

Фінансування. Дослідження проведено в Інституті зернових культур НААН України за рахунок бюджетної тематики фінансування НДР, завдання прикладної теми 15.02.00.20. П «Теоретичні аспекти функціонування агроценозів зернових культур шляхом підвищення їх конкурентоздатності та створення сприятливого фітосанітарного стану», ПНД 15 «Агробіологічні системи виробництва зерна в Україні. Селекція та насінництво кукурудзи і сорго (система виробництва зерна). Підпрограма 02. Агробіологічні системи вирощування зернових культур, адаптованих до умов різних зон України (ДР № 0121U107750).

Використання штучного інтелекту. Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Конфлікт інтересів. Автори декларують про відсутність конфлікту інтересів.

¹V.L. Matyukha,
Doctor of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0002-5657-3524

²O.I. Tsyliuryk,
Doctor of Agricultural Sciences,
ORCID: 0000-0002-7479-8401

^{*1}S.S. Semenov,
Ph.D., ORCID: 0000-0001-8329-5438

¹State Institution «Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», Volodymyra Vernadskoho Str., 14, Dnipro, 49009, Ukraine

²Dnipro State Agrarian and Economic University of the Ministry of Education and Science of Ukraine,

Serhiya Yefremova Str., 25, Dnipro, 49009, Ukraine

^{*E-mail:} semenmart@gmail.com

Weed infestation of maize crops depending on elements of cultivation technology in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine

Goal. To develop approaches to improving the efficiency of the weed management system in maize by optimizing herbicide application, enhancing the phytocoenotic resilience of crops, and reducing the chemical load in agroecosystems. **Methods.** The research was conducted in a field experiment by the Plant Protection Laboratory of the Institute of Grain Crops of the NAAS of Ukraine at the State Enterprise Experimental Farm

«Dnipro» (northern subzone of the Steppe of Ukraine). Maize cultivation practices followed generally accepted recommendations, with winter wheat as the preceding crop. The three-factor experimental design included soil-applied herbicides (factor A), increased fertilizer rates (factor B), and methods of post-emergence herbicide application (factor C). **Results.** Soil-applied herbicides were the main factor controlling weed infestation in maize crops, reducing the initial weed density by 10–26 times (to 1.4–3.3 plants/m²) and maintaining a consistently low level of weed infestation throughout the growing season. Mineral fertilizers had a biphasic effect: at the early stages, N₆₀P₆₀K₆₀ reduced weed density by 3–25%, whereas in the second half of the growing season, it contributed to an increase in weed density by 18–140%, particularly in the absence of chemical protection. Band application of post-emergence herbicides provided an additional 5–22% reduction in weed infestation compared with broadcast application. The highest average maize grain yield (7.50 t/ha) was obtained with the combination of the increased N₆₀P₆₀K₆₀ fertilizer rate, a soil-applied herbicide, and band application of post-emergence herbicides, exceeding the other treatments by 0.38–1.25 t/ha. **Conclusions.** Under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine, the combination of intensive mineral nutrition with the mandatory application of soil-applied herbicides is crucial for increasing maize productivity. Band application of post-emergence herbicides is an effective component of optimizing the weed management system and provides a stable additional increase in grain yield.

maize; cultivation technology; weeds; herbicides; fertilizers; yield

REFERENCES

- Hulme P.E. (2022). Global drivers of herbicide-resistant weed richness in major cereal crops worldwide. *Pest Management Science*, 78(5), 1824–1832. doi: 10.1002/ps.6800
- Tsyliuryk O.I. (2023). Suchasni systemy mulchuvannoho obrobitku gruntu v Pivnichnomu Stepu : monohrafiia. [Modern soil mulching systems in the Northern Steppe: a monograph.]. Odesa: Oldi+. 344 s. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/8460> (in Ukrainian).
- Ulaş F., Torun H., Beffa R., Hüsrev M. (2025). Global trends and research insights on herbicide resistance: A bibliometric analysis. *Phytoparasitica*, 53(4), Article 77. <https://doi.org/10.1007/s12600-025-01296-1>
- Palamarchuk V.D., Kolisnyk O.M. (2022). Suchasna tekhnolohiya vyroshchuvannya kukurudzy dlya enerhoefektyvnogo ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytoriy: monohrafiya. [Modern corn cultivation technology for energy-efficient and environmentally safe development of rural areas: monograph.]. Vinnytsya: TOV «Druk», 372 s. URL: <http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/31508.pdf> (in Ukrainian).
- Bokiy O., Kovalenko O. (2024). Prodovalcha systema Ukrainy na shlyakhu realizatsiyi Tsiley Staloho Rozvytku: peredumovy ta suchasni vyklyky. [The food system of Ukraine on the way to the implementation of the Sustainable Development Goals: prerequisites and modern challenges]. *Oblik i finansy*, 104(2), 128–139. doi: 10.33146/2307-9878-2024-2(104)-128-139 (in Ukrainian).
- Nedeljković D., Knežević S., Božić D., Vrbničanin S. (2021). Critical time for weed removal in corn as influenced by planting pattern and PRE herbicides. *Agriculture*, 11(7), Article 587. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070587>
- Westwood J.H., Charudattan R., Duke S.O., Fennimore S.A., Marrone P., Slaughter D.C. ..., Zollinger R. (2018). Weed management in 2050: Perspectives on the future of weed science. *Weed Science*, 66(3), 275–285. doi: 10.1017/wsc.2017.78
- Leskovšek R., Eler K., Zamljen S.A. (2025). Weed suppression and maize yield influenced by cover crop mixture diversity and tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 383, Article 109530. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109530>
- Singh G., Chopra P., Manuja S., Kaur N., Singh G. (2025). Evaluation of herbicides for enhancing yield and economic benefits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 16(12), Article AR6441. <https://doi.org/10.23910/1.2025.6441>
- Brankov M., Simić M., Dragičević V., Tataridas A. (2025). Agroecology is GOOD. A Horizon Europe Project: Preliminary results on agroecological weed control in maize and soybean living labs. Abstracts for 2025 WSSA annual meeting, 35–36. URL: https://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA_2025-abstracts_6.20.25.pdf
- Sergienko V., Tyshchuk O., Tkalenko G., Balan G. (2025). Konkurentni vidnosyny roslyn burianiv i kukurudzy v protsesi spilnoi vegetatsii. [Competitive relations between weeds and corn in the process of common vegetation]. *Quarantine and Plant Protection*, (3), 24–34. doi: 10.36495/2312-0614.2025.3.24-34 (in Ukrainian).
- Myronenko I.H., Kosolap M.P. (2023). Efektyvnist herbitsydiv u posivakh kukurudzy. [Herbicide efficiency in maize crops]. *Materialy V mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi onlayn konferentsiyi «Tendentsiyi ta vyklyky ahrarynoi nauky v umovakh viyny: teoriya i praktyka» : prysvyachena 125-richchyu kafedry roslynnytstva*, (28), 163–165. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/8010> (in Ukrainian).
- Evtushenko H.O., Khvorostyan V.M., Masliyov E.S. (2018). Vplyv terminiv, sposobiv ta hlybyny vnesennya herbitsydiv na zasmichenist posiviv i vrozhay kukurudzy v umovakh Luhanskoy oblasti. [The influence of the terms, methods and depth of herbicide application on clogging of crops and corn harvest in the conditions of Luhansk region]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk*, (104), 122–126. URL: https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/104_2018/22.pdf (in Ukrainian).
- Tkachenko M.A., Zadubynna Ye.V., Tsuk O.A., Kondratiuk I.M. (2022). Monitorynh zaburianenosti posiviv soi u korotkorotatsiynii sivozmini. [Monitoring of invasion of weeds of soy sowings in short crop rotation], *Visnyk ahrarynoi nauky*, [Bulletin of Agricultural Science], 100(7), 29–35. <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202207-05> (in Ukrainian).
- Fedorenko E.M., Aldoshyn A.V., Kravets S.S., Bernatskyi M.M. (2016). Vplyv gruntovykh herbitsydiv na polovu skhozhist nasinnia batkivskykh komponentiv hibrydiv kukurudzy. [Effect of soil herbicides on field germination of seeds of parent components of maize hybrids]. *Zroshuvannia zemlerobstvo*, (65), 39–44. URL: <https://izpr.ks.ua/archive/2016/65/12.pdf> (in Ukrainian).
- Tedeeva A.A., Mamiev D.M., Tedeeva V.V., Khokhlova N.T. (2021). The use of herbicides in the cultivation of corn. *Journal of Physics: Conference Series*, 1942(1), Article 012055. doi: 10.1088/1742-6596/1942/1/012055
- Harmatyuk Yu. (2021). Khimichnyy metod kontrolyu bur'yaniv u posivakh kukurudzy. [Chemical method of weed control in corn crops]. *Zbirnyk studentskykh naukovykh prats. Silskohospodarski nauky*, 3(3), 51–56. URL: [https://vsau.org/assets/images/content/studenty/Zbirnyk_3\(3\)_2021.pdf](https://vsau.org/assets/images/content/studenty/Zbirnyk_3(3)_2021.pdf) (in Ukrainian).
- Pashchenko Yu.M., Shevchenko M.S., Matyukha L.P., Matyukha V.L. (2009). Metodyka obliku bur'yaniv u doslidakh i vyrobnychkykh umovakh ta vyznachennya efektyvnosti ahrotekhnichnykh zakhodiv yikh kontrolyuvannya. [Methodology of weed accounting in experiments in production conditions and determination of efficiency and agrotechnical measures of their control]. *Dnipropetrovsk: IZH UAAN*, 7–9. (in Ukrainian).
- Ushkarenko V.O., Vozhehova R.A. (2024). Metodyka polovoho doslidu: navchalnyy posibnyk. [Field experiment methodology: study guide]. Odesa: Oldi Plyus+, 448 s. (in Ukrainian).
- Steel R.G.D., Torrie J.H., Dickey D.A. (1997). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 666 p. URL: <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1855584>
- Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Kostohryz P.V., Opryshko V.P., Butylo A.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi: pidruchnyk*. [Basics of scientific research in agronomy: a textbook]. Vinnytsya: PP «TD «Edelveys i K», 2014. 332 s. URL: https://www.udau.edu.ua/assets/files/zbirniki/methodical/76487-Osnovi_5_04_2014-signalnij.pdf (in Ukrainian).
- Boix-Fayos C., De Vente J. (2023). Challenges and potential pathways towards sustainable agriculture within the European Green Deal. *Agricultural Systems*, 207, Article 103634. doi: 10.1016/j.agry.2023.103634
- Almeida D.V., Kolinjivadi V., Ferrando T., Roy B., Herrera H., Gonçalves M. V., Van Hecken G. (2023). The «greening» of empire: The European Green Deal as the EU first agenda. *Political Geography*, 105, Article 102925. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2023.102925>
- Dass S., Karjagi C.G., Singh M., Singh D.K. (2025). Maize: An introduction. In *Maize breeding: Production, protection and management for optimization of natural resources* (pp. 1–32). Springer Nature Singapore. doi: 10.1007/978-981-95-1418-2_1
- Vijayakumar S., Shanmugapriya P., Saravanane P., Ramesh T., Murugaiyan V., Ilakkiya S. (2025). Precision weed control using unmanned aerial vehicles and robots: Assessing feasibility, bottlenecks, and recommendations for scaling. *NDT*, 3(2), Article 10. doi: 10.3390/ndt3020010

Надійшла: 06.04.2026

Прийнята до друку: 15.05.2026

Надруковано й опубліковано онлайн:
вересень 2026