

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОДОБРИВ У ПОЗАКОРЕНЕВОМУ ПІДЖИВЛЕННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Г. В. Панцирева

доктор сільськогосподарських наук, доцент

Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)

e-mail: apantsyрева@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-5211>

Дослідження присвячене вдосконаленню технології вирощування кукурудзи на зерно з метою максимального використання генетичного потенціалу гібрида ДКС 3972 і підвищення продуктивності в умовах Лісостепу Правобережного. Основну увагу приділяли оптимізації мінерального живлення рослин, раціоналізації технологічних заходів і зменшенню витрат матеріальних ресурсів у виробництві. Експериментальні дослідження виконували у 2022–2024 роках у межах прикладного дослідження “Розробка науково-технологічного забезпечення підвищення родючості ґрунтів та раціонального використання потенціалу біоресурсів”. Вивчали вплив комбінованого застосування передпосівного внесення карбаміду (150 кг/га), гранульованого добрива Eurofertil 51 TOP-Phos, що містить швидкодійні поживні речовини кальцію та фосфору, а також дворазового позакореневого підживлення мікродобривом із сульфатом магнію (3 кг/га) та цинком (1,5 л/га) у критичні фази розвитку кукурудзи, зокрема у фазу 8 листків. Результати досліджень показали, що комбіноване застосування зазначених агротехнологічних заходів забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу гібрида, сприяє формуванню продуктивних органів, розвитку кореневої системи, підвищує стійкість рослин до стресових факторів і стабільність урожайності. Середнє підвищення врожайності зерна становило 43,61%, що підтверджує ефективність комплексного підходу. Досліджено фізіологічне значення мікроелементів, зокрема кальцію та фосфору, які стимулюють фотосинтез, енергетичне живлення рослин, формування клітинних структур і підвищують їхню адаптивні властивості. Установлено, що мінеральне живлення позитивно впливає на властивості ґрунту, зокрема реакцію середовища (рН), процеси гумусоутворення та активність ґрунтової мікробіоти. Отримані результати підтверджують практичну доцільність використання комплексного мінерального живлення для підвищення ефективності виробництва кукурудзи на зерно, зменшення виробничих витрат, зниження імпортозалежності та переходу на біоорганічні системи вирощування, що дає змогу отримати високоякісну й екологічно безпечну продукцію.

Ключові слова: *Zea mays L.*, гібрид, зерно, мінеральне живлення, мікроелементи, урожайність, критичні періоди.

ВСТУП

Сучасні тенденції в розробці технологій вирощування зернових культур, зокрема й кукурудзи на зерно, ґрунтуються на низці базових напрямів, які враховують не лише особливості інноваційних змін і технологічного оновлення засобів механізації, а й головні орієнтири розвитку сучасного землеробства [1]. Такі технології передбачають оптимізацію використання природних ресурсів, зниження антропогенного навантаження на довкілля, підвищення продуктивності та якості зернової продукції за одночасного забезпечення високих рівнів екологічної безпеки [2]. Зокрема, акцент роблять на застосуванні маловитратних і ресурсозберігаючих рішень, використанні біологічних методів відновлення родючості ґрунту, підборі адаптованих гібридів, стійких до кліматичних змін та урбанізаційних факторів [3].

Важливим є і те, що сучасна концепція розвитку агрономічної науки базується на принципах раціонального сільськогосподарського виробництва, зокрема в рослинництві, і стосується передпосівної обробки насіння та обробки вегетуючих рослин, які використовуються в технології вирощування кукурудзи на зерно з метою підвищення рівня врожайності, зменшення економічних витрат, поліпшення поживної цінності й збалансованості врожаю та збереження родючості ґрунту [4; 5]. Водночас особливу увагу приділяють питанням адаптивності технологій до різних природно-кліматичних зон, що забезпечує їхню універсальність і можливість широкого впровадження в аграрну практику.

Слід також зауважити, що значущість біологізації землеробства для ґрунтозбереження сьогодні розглядають як одне з ключових

завдань сучасної агроекології. Використання біологічних методів у технологіях вирощування кукурудзи на зерно дає змогу забезпечити випередження в управлінні станом ґрунту, що сприяє відновленню його природної структури, збереженню біорізноманіття, поліпшенню водного й повітряного режимів. Це є особливо актуальним з огляду на інтеграцію української системи ведення сільського господарства у європейський простір, що відповідає стратегічним орієнтирам і міжнародним екологічним стандартам [6; 7].

Отже, біологізація та впровадження технологій у вирощуванні кукурудзи на зерно дають змогу забезпечити реалізацію Цілей сталого розвитку, спрямованих на збалансоване природокористування, раціональне використання ресурсів, підтримку екологічної рівноваги й підвищення якості життя населення в умовах глобальної продовольчої кризи.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Кукурудзу переважно вирощують як зернову культуру, і технологічні підходи до її виробництва на зерно наразі розроблені на задовільному рівні. Водночас проблема ефективного виробництва зерна кукурудзи залишається актуальною. Через відсутність оптимізованих технологій вирощування рівень урожайності зернової продукції в Україні є низьким, а реалізація потенціалу районованих сортів і гібридів — недостатньою. Значення кукурудзи як зернової культури в умовах масової деградації сільськогосподарських ґрунтів є особливо вагомим, оскільки її вирощування сприяє зупиненню негативних процесів у ґрунтах. Недостатня кількість виробленого зерна обмежує посівні площі кукурудзи й призводить до збільшення витрат на відновлення деградованих земель, що зумовлює необхідність розробки високоефективних агротехнологій вирощування культури на зерно [8–10].

Аналіз наукових праць і значного масиву наукової літератури [11; 12] доводить, що тематика вдосконалення технологічних прийомів вирощування кукурудзи на зерно залишається актуальним предметом наукового вивчення не лише в Україні, а й у світовому масштабі.

Критичними періодами розвитку кукурудзи вважають фази вегетації, під час яких рослина найбільш чутлива до дефіциту поживних речовин, води й несприятливих абіотичних чинників. Ефективне забезпечення рослин живленням у ці періоди безпосередньо впливає на формування врожаю та реалізацію генетичного потенціалу гібридів [12]. Фаза проростання та формування перших листків (3–5 листків) ха-

рактеризується активним розвитком кореневої системи, що забезпечує рослині здатність до поглинання води й поживних речовин із ґрунту.

Учені відзначають, що дефіцит елементів живлення на цьому етапі може негативно вплинути на ріст пагонів і майбутню продуктивність рослин [10]. Фаза 6–8 листків вважається критичною для закладання продуктивних органів. Саме в цей період відбувається інтенсивне формування генеративних структур і закладка квіток та майбутніх качанів. Достатнє забезпечення фосфором, магнієм і мікроелементами підвищує синтез хлорофілу й енергообмін у рослині, стимулюючи перенесення поживних речовин до майбутніх генеративних органів [11]. Фаза цвітіння та наливу зерна (R1–R3) є наступним критичним періодом, коли формується кінцева структура врожаю, зокрема кількість зерен у качані та їхня маса. Забезпечення рослин калієм, фосфором і мікроелементами в цей період сприяє поліпшенню заплідненості квіток, інтенсивності наливу зерна та його якісних показників [9; 10].

Дослідження показують, що позакореневі підживлення у критичні періоди вегетації ефективно доповнюють основне ґрунтове живлення, прискорюють розвиток кореневої системи й підвищують продуктивність рослин [12]. Вибір оптимальних фаз внесення добрив і мікроелементів визначає успішність реалізації потенціалу сучасних гібридів кукурудзи. Отже, виділення та правильне використання критичних періодів розвитку кукурудзи є основою сучасних технологій живлення, що дає змогу максимально ефективно використовувати добрива, підвищувати врожайність і поліпшувати якість зерна, одночасно зменшуючи втрати ресурсів і негативний вплив на ґрунтове середовище.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження виконували впродовж 2022–2024 років в умовах Вінницького національного аграрного університету. Площа облікової ділянки становила 30 м². Програма досліджень передбачала проведення біометричних спостережень, облік урожайності, а також визначення якісних показників продукції за загальноприйнятими методиками в агрономії [13; 14]. До вивчення взято гібрид кукурудзи ДКС 3972. Наукову працю виконано в межах завдань прикладного дослідження “Розробка науково-технологічного забезпечення підвищення родючості ґрунтів та раціонального використання потенціалу біоресурсів”.

Гібрид кукурудзи ДКС 3972 належить до середньостиглих гібридів із ФАО 300 (табл. 1). Тип зерна — зубоподібний, що забезпечує хоро-

Таблиця 1

Господарсько-цінні характеристики гібрида кукурудзи ДКС 3972

№ з/п	Характеристика	Значення
1	Зона вирощування	Лісостеп, Степ, Полісся
2	ФАО	300
3	Тип зерна	Зубоподібний
4	Група стиглості	Середньостигла
5	Використання	Зерно / силос / біогаз

Джерело: сформовано автором на основі [4].

ші технологічні властивості за використання як на зерно, так і на силос. Основними перевагами гібрида є холодостійкість, високий потенціал урожайності й міцне стебло, що сприяє стійкості до вилягання.

Гібрид рекомендований для вирощування у всіх зонах України та добре реагує на середній і високий рівень мінерального живлення. Він придатний для всіх типів ґрунтів, допускає традиційний і мінімальний обробіток ґрунту, а температура ґрунту під час посіву повинна бути не нижче 8°C.

Характеристика гібрида за стійкістю, стабільністю та пластичністю до факторів навколишнього середовища наведена на рис. 2.

ДКС 3972 витримує вирощування в монокультурі й тривалий перестій, що робить його універсальним для різних сівозмін. Рекомендована густина рослин на час збирання залежить від умов зволоження: у посушливих умовах — 55 000–60 000 шт./га, за нестійкого зволоження — 60 000–70 000 шт./га, у достатньо зволених умовах — 70 000–80 000 шт./га. Гібрид ефективний як для зернового, так і для силосного використання.



Рис. 1. Гібрид кукурудзи ДКС 3972

Джерело: фото Г. В. Панциревої, виконане в умовах НДГ "Агрономічне" (с. Агрономічне, Вінницький р-н, Вінницька обл.).

Мета дослідження полягає у визначенні ефективності комбінованого застосування окремого гранульованого добрива й позакореневого підживлення мікродобривами, спрямованих на оптимізацію умов мінерального живлення рослин і підвищення продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного. Завдання полягає в пошуку оптимальних біотехнологічних рішень, що забезпечують максимальну реалізацію біологічного потенціалу



Рис. 2. Агроекологічна оцінка гібрида кукурудзи ДКС 3972 за 10-бальною шкалою

Джерело: розроблено автором на основі [4].

культури й отримання високоякісної, екологічно безпечної продукції.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У нашому дослідженні основним завданням є оптимізація мінерального живлення рослин кукурудзи шляхом застосування стартерного добрива перед посівом, що містить комбінацію швидкодіючих поживних речовин кальцію та фосфору (Eurofertil 51 TOP-Phos). Кальцій відіграє ключову роль у формуванні міцної клітинної стінки, підвищенні стійкості рослин до вилягання та патогенів, а також у регуляції водного обміну й активності ферментних систем. Фосфор забезпечує інтенсивне енергетичне живлення рослини, активує процеси фотосинтезу, сприяє розвитку кореневої системи та підвищенню інтенсивності росту на ранніх стадіях органогенезу. Поєднання цих елементів у стартовому підживленні створює оптимальні умови для швидкого проростання насіння, активного формування кореневої системи та закладки продуктивних органів, що в подальшому сприяє підвищенню врожайності й ефективного використанню генетичного потенціалу гібридів кукурудзи.

Розв'язання цього завдання забезпечується шляхом посилення перенесення елементів живлення до генеративних органів рослин, що сприяє підвищенню врожайності зерна. Основною метою є збільшення зернової продуктивності посівів кукурудзи через застосування різноманітних комплексних комбінацій гранульованих добрив зі збалансованим макро- й мікроелементним складом різного біологічного

походження. Такий підхід, враховуючи особливості росту й розвитку гібридів, має технологічно комплексний характер і відкриває перспективу переходу на біоорганічну систему вирощування кукурудзи на зерно. Крім того, з огляду на економічні виклики й необхідність оптимізації агрохімічного забезпечення, його впровадження дає змогу суттєво зменшити імпортозалежність виробництва зернових культур, скоротити виробничі витрати та одночасно позитивно впливати на екологічний стан ґрунтів.

Результати досліджень, проведених у 2022–2024 роках, показали, що врожайність зерна кукурудзи значною мірою залежить від комбінованого застосування добрив. Зокрема, високу продуктивність забезпечують внесення перед посівом під культивування карбаміду в нормі 150 кг/га у поєднанні з окремим гранульованим добривом Eurofertil 51 TOP-Phos, а також дворазове позакореневе підживлення гібридів мікродобривом із необхідним набором мікроелементів у дозах: сульфат магнію — 3 кг/га, цинк — 1,5 л/га, які вносили в критичний період вегетації, зокрема у фазу 8 листків. Максимальна реалізація генетичного потенціалу гібрида ДКС 3972 досягається за поєданого використання зазначених технологічних заходів: передпосівного внесення карбаміду (150 кг/га), дворазового позакореневого підживлення мікродобривом з оптимальним набором мікроелементів (сульфат магнію — 3 кг/га, цинк — 1,5 л/га) у критичні фази розвитку, а також застосування окремого гранульованого добрива, що містить швидкодіючі поживні речовини кальцію та фосфору (Eurofertil 51 TOP-Phos) (табл. 2).

Таблиця 2.

Урожайність зерна кукурудзи гібрида ДКС 3972 залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах НДГ “Агрономічне”, т/га (середнє за 2022–2024 рр.)

Передпосівна обробка	Позакореневі підживлення	Урожайність, т/га	±Mm
Без обробки	Контроль (без обробки)	4,55	—
	MgSO ₄ + Zn	4,74	0,19
Карбамід	Без обробки	5,07	0,52
	MgSO ₄ + Zn	5,56	1,01
Eurofertil 51 TOP-Phos	Без обробки	5,78	1,23
	MgSO ₄ + Zn	6,07	6,07
Карбамід + Eurofertil 51 TOP-Phos	Без обробки	7,43	1,52
	MgSO ₄ + Zn	8,07	3,52
НІР _{0,5} т/га: А — 0,8; В — 0,9; АВ — 1,1; 2022 р. НІР _{0,5} т/га: А — 0,5; В — 0,8; АВ — 1,0; 2023 р. НІР _{0,5} т/га: А — 0,7; В — 0,7; АВ — 0,9; 2024 р. НІР _{0,5} т/га: А — 0,7; В — 0,8; АВ — 1,1.			

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень.

Проведеними дослідженнями встановлено, що комбіноване застосування перед посівом під культивування карбаміду в дозі 150 кг/га, позакореневе підживлення гібридів кукурудзи мікродобривом із необхідним набором мікроелементів (сульфат магнію — 3 кг/га та цинк — 1,5 л/га) у критичний період вегетації (фаза 8 листків), а також внесення окремого гранульованого добрива перед посівом позитивно впливають на формування врожайності гібрида ДКС 3972. Особливе значення має використання гранульованого добрива, оскільки його вплив на продуктивність рослин має комплексний характер та охоплює всі органи, включно з генеративними. За результатами дослідження встановлено, що комбіноване застосування зазначених агротехнологічних заходів забезпечило середнє підвищення врожайності зерна кукурудзи на 43,61%. Виявлено, що максимальна реалізація генетичного потенціалу кукурудзи на зерно досягається за поєднаного використання карбаміду перед посівом, гранульованого добрива й позакореневого підживлення мікродобривом з оптимальним набором мікроелементів (сульфат магнію — 3 кг/га та цинк — 1,5 л/га) у критичні періоди розвитку, зокрема у фазу 8 листків. Додатково встановлено, що внесення гранульованого добрива, що містить швидкодіючі поживні речовини кальцію та фосфору, у поєднанні з карбамідом і мікродобривом ще ефективніше сприяє реалізації генетичного потенціалу гібрида ДКС 3972, забезпечуючи інтенсивний ріст рослин, розвиток кореневої системи й формування продуктивних органів, що зумовлює стабільне підвищення врожайності зерна.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження у 2022–2024 роках на гібриді кукурудзи ДКС 3972 в умовах Вінницького національного аграрного університету

підтвердили високу ефективність комплексного підходу до мінерального живлення рослин. Установлено, що поєднання передпосівного внесення карбаміду (150 кг/га), окремого гранульованого добрива Eurofertil 51 TOP-Phos, що містить швидкодіючі поживні речовини кальцію та фосфору, і дворазового позакореневого підживлення мікродобривом із сульфатом магнію (3 кг/га) та цинком (1,5 л/га) у критичний період розвитку рослин (фаза 8 листків) забезпечує максимальну реалізацію генетичного потенціалу гібрида. Дослідження показали, що кальцій сприяє зміцненню клітинних стінок, підвищує стійкість рослин до вилягання та патогенів, регулює водний обмін і ферментативну активність, тоді як фосфор стимулює фотосинтез, енергетичне живлення та розвиток кореневої системи на ранніх стадіях. Комбіноване використання цих елементів у стартовому підживленні активізує проростання насіння, формування кореневої системи й генеративних органів, що безпосередньо впливає на врожайність. За результатами дослідження встановлено, що застосування зазначених агротехнологічних заходів підвищує середню врожайність зерна кукурудзи на 43,61%. Особливу ефективність показало використання гранульованого добрива в комбінації з карбамідом і мікродобривом, оскільки воно впливає на весь габітус рослини й підвищує продуктивність генеративних органів. Отримані результати свідчать, що комбіноване підживлення забезпечує інтенсивний ріст рослин, розвиток кореневої системи й підвищення стабільності врожайності. Запропонований підхід до мінерального живлення гібрида ДКС 3972 дає змогу знизити виробничі витрати, зменшити імпортозалежність і позитивно впливати на екологічний стан ґрунтів, створюючи умови для переходу на біоорганічні системи вирощування кукурудзи на зерно та отримання високоякісної, екологічно безпечної продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mazur, V., Pansyryeva, H., Mazur, K., Myalkovsky, R., & Alekseev, O. (2020). Agroecological prospects of using corn hybrids for biogas production. *Agronomy Research*, 18(1), 177–182. doi: 10.15159/ar.20.016
2. Didur, I., Lutkovska, S., & Pansyryeva, H. (2025). European prospects for the development of crop production technologies in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*, 11(3), 353–360. doi: 10.30525/2256-0742/2025-11-3-353-360
3. Панцирева, Г. В. (2025). Розробка біоорганічної технології вирощування сільськогосподарських культур за використання біодобрив, позакореневих підживлень та фізіологічно-активних речовин. *Аграрні інновації*, 29, 101–106. doi: 10.32848/agraf.innov.2025.29.17
4. Куркуль — онлайн-асистент фермера. (2024). *Динаміка і перспективи розвитку насінництва кукурудзи*. Взято з <https://kurkul.com/blog/284-dinamika-iperspektivi-rozvitoku-nasinnitstva-kukurudzi>
5. М'якушко, В. К. (Ред.), Мельничук, Д. О., & Вольвач, Ф. В. (1992). *Сільськогосподарська екологія*. Київ: Урожай.
6. Лихочвор, В. В. (2002). *Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур*. Львів: НВФ “Українські технології”.
7. Вільшанська, В., Опанасенко, О., & Довгорук, Ю. (2023). Перспективні енергетичні культури на осушуваних торфовищах Лісостепу та їх водоспоживання в умовах зміни клімату. *Вісник аграрної науки*, 101(1), 68–76. doi: 10.31073/agrovisnyk202301-08

8. Паламарчук, В. Д., Гончарук, І. В., Кричковський, В. Ю., Дідур, І. М., & Логоша, Р. В. (2025). *Спосіб застосування дигестату в технологіях вирощування кукурудзи* (Патент України № 158328).
9. Vogomaz, S., Zayka, K., Didur, I., Mazur, O., Mazur, O., & Tsyhanskyi, V. (2025). Effects of plant density and fertilisation on yield structure and yield elements of maize hybrids for biofuel production. *Journal of Ecological Engineering*, 26(6), 352–364. doi: 10.12911/22998993/202943
10. Мазур, В. А., & Шевченко, Н. В. (2017). Вплив технологічних прийомів вирощування на формування якісних показників зерна кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*, 6(1), 7–13.
11. Паламарчук, В. Д., Дідур, І. М., Колісник, О. М., & Алексєєв, О. О. (2020). *Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного*. Вінниця: ТОВ “Друк”.
12. Петриченко, В. Ф., & Лихочвор, В. В. (2020). *Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур*. Львів: НВФ “Українські технології”.
13. Мойсейченко, В. Ф., & Єщенко, В. О. (1994). *Основи наукових досліджень в агрономії*. Київ: Вища школа.
14. Єщенко, В. О. (Ред.), Копитко, П. Г., Опришко, В. П., & Костогриз, П. В. (2005). *Основи наукових досліджень в агрономії*. Київ: Дія.

EFFICIENCY OF USING MICRONUTRIENT FERTILIZERS IN FOLIAR FEEDING OF GRAIN MAIZE UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

Pantsyрева Н.

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)

e-mail: apantsyreva@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-5211>

The study is devoted to improving the technology of growing maize for grain in order to maximize the genetic potential of the hybrid DKS 3972 and increase productivity under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The main attention was paid to optimizing the mineral nutrition of plants, rationalizing technological measures, and reducing the costs of material resources in production. Experimental work was carried out in 2022–2024 as part of the applied research “Development of scientific and technological support for increasing soil fertility and rational use of the potential of bioresources”. The effect of the combined use of pre-sowing application of urea (150 kg/ha), granular fertilizer Eurofertil 51 TOP-Phos, containing fast-acting nutrients of calcium and phosphorus, as well as twofold foliar feeding with a microfertilizer containing magnesium sulfate (3 kg/ha) and zinc (1.5 L/ha) in critical phases of maize development, in particular the 8-leaf phase, was studied. The results of the research showed that the combined use of the above agrotechnological measures ensures the maximum realization of the genetic potential of the hybrid, promotes the formation of productive organs, the development of the root system, increases the resistance of plants to stress factors, and improves the stability of yields. The average increase in grain yield was 43.61%, which confirms the effectiveness of the integrated approach. The physiological value of nutrients, in particular calcium and phosphorus, which stimulate photosynthesis, energy supply of plants, the formation of cellular structures, and increase their adaptive properties, was studied. It was established that mineral nutrition has a positive effect on soil properties, in particular soil reaction (pH), humus formation processes, and the activity of soil microbiota. The results obtained confirm the practical feasibility of using complex mineral nutrition to increase the efficiency of maize production for grain, reduce production costs, reduce import dependence, and switch to bioorganic cultivation systems, which makes it possible to obtain high-quality and environmentally safe products.

Keywords: *Zea mays L., hybrid, grain, mineral nutrition, microelements, yield, critical periods.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ПАНЦИРЕВА Ганна Віталіївна — доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства, провідний науковий співробітник, ННІ агротехнологій та природокористування, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008; e-mail: apantsyreva@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0539-5211>).