

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ КУКУРУДЗИ (*ZEA MAYS* L.) У ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О.П. Полтава, О.С. Дем'янюк

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: o.poltava@profi.land; ORCID: 0009-0006-3007-6550

e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4134-9853

Для отримання високих стабільних урожаїв зерна кукурудзи (*Zea mays* L.) актуальним є забезпечення збалансованого живлення рослин, зокрема критичні періоди розвитку за рахунок позакореневого підживлення комплексними добривами. У статті наведено результати польових досліджень застосування рідких органо-мінеральних добрив (Євростім Аміно, БіоГумат, Цеовіт АнтиСтрес Мульти), збалансованих за вмістом макро- і мікроелементів та біологічно активних речовин, для позакореневого підживлення різних гібридів кукурудзи. Встановлено, що реакція рослин на позакореневе підживлення була диференційованою залежно від генотипу культури. Результати 2022–2024 рр. свідчать, що підживлення рослин у критичні періоди органо-мінеральними добривами позитивно впливає на ріст рослин, збільшуючи висоту рослин у середньому на 4–12% та висоту кріплення качана – на 29–50% порівняно з контролем. Зафіксовано збільшення кількості качанів на 1 га та маси 1000 зерен. Найвищу врожайність (11,17 т/га) та приріст до контролю (1,33 т/га) отримано у гібрида Меган (ФАО 250) за використання препарату Цеовіт АнтиСтрес Мульти, де також зафіксовано зростання маси 1000 зерен (на 10,1 г) та збільшення частки рослин з двома качанами (до 21%). Для гібридів Модель (ФАО 280) та Орліскай (ФАО 320) найефективнішим виявилось підживлення препаратом Євростім Аміно, що забезпечило підвищення врожайності до 10,97 т/га і 11,14 т/га відповідно та додатковий приріст урожаю 0,76 т/га і 0,52 т/га. Розрахунки показали, що найвищий вихід зерна гібрида Меган (ФАО 250) на рівні 84,1–84,2% отримано за застосування препарату Цеовіт АнтиСтрес Мульти і Євростім Аміно, гібрида Модель (ФАО 280) на рівні 84,7% – препарату БіоГумат, гібрида Орліскай (ФАО 320) у межах 83,3% – препарату Євростім Аміно. Одержані результати вказують на доцільність впровадження позакореневого підживлення як елемента адаптивних агротехнологій у зоні Лівобережного Лісостепу України. Застосування цього агроприйому дає змогу поліпшити реалізацію генетичного потенціалу середньоранніх і середньостиглих гібридів кукурудзи, підвищити врожайність і якість зерна за контрастних погодних умов.

Ключові слова: органо-мінеральні добрива, врожайність, біометричні показники, висота рослин, висота кріплення качана.

ВСТУП

Важливим технологічним заходом підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є науково обґрунтована система удобрення. На основі комплексних багаторічних досліджень встановлено, що лише за правильно підбраного і вчасно проведеного удобрення сільськогосподарських культур їх врожайність зростає до 30–50% залежно від біологічних особливостей культури, типу ґрунту та погодних умов [1; 2]. Такий позитивний

ефект пов'язано з тим, що збалансоване живлення рослин сприяє підвищенню активності процесу фотосинтезу, інтенсифікації обміну речовин, розвитку кореневої системи, покращанню засвоєння макро- та мікроелементів тощо. Особливо ефективними в цьому контексті є застосування рідких органо-мінеральних добрив, які не лише забезпечують рослину поживними речовинами, а й виконують роль біостимуляторів, поліпшуючи її імунітет до різних чинників навколишнього середовища [3].

Наразі у сучасних технологіях дедалі більше уваги приділяють різним способам внесення добрив, зокрема позакореновому підживленню рослин у критичні періоди росту і розвитку рослин [4–6]. Такий спосіб удобрення дає змогу оперативно коригувати дефіцит макро- і мікроелементів у критичні фази розвитку культури та забезпечити її необхідними елементами живлення, особливо в стресових умовах навколишнього середовища або за зниженої активності кореневої системи. Наявність біологічно активних компонентів у складі таких добрив не лише покращує доступність елементів живлення та активізує фізіолого-біохімічні процеси рослини, а й підвищує стійкість до посухи, температурних стресів, зменшує залежність від мінеральних добрив тощо. Це особливо актуально для досягнення екологічної безпеки агросфери та за зростання вартості добрив та інших ресурсів.

Низкою досліджень доведено, що використання органо-мінеральних добрив як основного удобрення, так і за позакоренового підживлення у технології вирощування різних видів культурних рослин є важливою складовою підвищення їх врожайності та поліпшення якості продукції [7–10].

Мета роботи — визначити ефективність позакоренового підживлення органо-мінеральними добривами гібридів кукурудзи різних груп стиглості (Меган (ФАО 250), Модель (280), Орлскай (ФАО 320)) за вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Кукурудза (*Zea mays L.*) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур, яка широко вирощується в Україні завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам, високому потенціалу врожайності, значній кормовій і продовольчій цінності та економічній вигоді [11]. Поряд із постійним поліпшенням генетичного ресурсу цієї культури та виведенням нових гібридів, сучасний агробізнес значну увагу приділяє таким важливим елементам

технологій вирощування, як система удобрення і захисту рослин [12; 13].

Одним із ключових чинників підвищення продуктивності кукурудзи є забезпечення збалансованого мінерального живлення, зокрема впровадження інноваційних методів удобрення, серед яких особливе місце займає позакореневе підживлення комплексними добривами [4; 12; 14]. На думку А. Засухи [15], оптимізація елементів живлення кукурудзи за рахунок основного та додаткового живлення є актуальним питанням сьогодення і потребує відповідного обґрунтування та практичних рекомендацій для різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування.

Нині агровиробникам запропоновано широку лінійку різноманітних інноваційних продуктів для удобрення кукурудзи, зокрема біологічні препарати, мікродобрива, нанодобрива, комплексні органо-мінеральні добрива та ін., які стимулюють проростання насіння, регулюють ростові процеси, підвищують стійкість до біотичних і абіотичних чинників, але ефективність їх дії різна. Особливістю їх є збалансований уміст поживних речовин, зокрема органічного походження, із доповненням комплексом мікроелементів, природних мінералів та біологічно активних речовин. Варто зазначити, що препарати для удобрення рослин постійно вдосконалюються, елементи живлення закріплюються в обмінній формі, зменшується їх рухомість, що підвищує коефіцієнт їх засвоєння рослинами. Внаслідок чого інтенсифікується процес фотосинтезу, активізується синтез білків та ферментів, підвищується імунітет рослин та їх продуктивність [16].

У польових умовах показано, що позакореневе підживлення кукурудзи забезпечує рослини поживними речовинами саме тоді, коли рослина їх потребує, та скорочує час між унесенням та поглинанням [17]. Це має позитивний вплив на продуктивність культури. Встановлено, що позакореневе підживлення кукурудзи у фазі 3–5 і 8–10 листків мікродобривом Greenplant Flow 20-20-20+ME для гібридів середньостиглої групи є найефективнішим щодо

розвитку рослин і формування продуктивності на рівні 7,49–7,98 т/га [18]. Подібні результати підвищення врожайності кукурудзи отримано й іншими дослідниками [19–21].

D. Rácz з колегами [22] спостерігали позитивний вплив позакореневого підживлення на формування елементів структури врожаю, зокрема масу 1000 зерен, діаметр і довжину качана, кількість рядів на качані та кількість зерен у ряду. Також фіксували підвищення концентрації цукрів на стадії наливу зерна, а також посилений антиоксидантний метаболізм, що свідчить про зменшення впливу стресових чинників навколишнього середовища за позакореневого внесення добрив [23]. Доведено, що за позакореневого підживлення кукурудзи на критичних стадіях росту зростає вміст вуглеводів, білка, ліпідів, клітковини, мінеральних речовин, відбуваються позитивні зміни у розмірі та масі зерна [24]. Крім того, встановлено посилення стійкості рослин до стресових чинників навколишнього середовища, як-от посуха, підвищені температури повітря, дефіцит поживних речовин і вологи, та за негативної дії збудників хвороб та шкідників, що опосередковано впливає на продуктивність і якість зерна [25–27]. Тобто позакореневого внесення добрив є ефективною стратегією збільшення врожайності, покращання якості та загальної поживної цінності зерна кукурудзи в складних умовах.

Отже, позакореневого підживлення кукурудзи на ранніх стадіях розвитку забезпечує рослини елементами живлення у критичні періоди росту, ефективніше усуваючи їх дефіцит. Зазначені переваги визначають вищу ефективність використання поживних речовин добрив, зниження витрат на добрива та збільшення прибутків за рахунок високої врожайності. В результаті оптимізується використання ресурсів, підвищується рентабельність вирощування кукурудзи та пропагуються методи сталого сільського господарства [12]. Однак ефективність позакореневого підживлення залежить від низки чинників таких, як терміни внесення, склад поживних речовин

та їх концентрація, умови навколишнього середовища тощо, що потребує поглиблених досліджень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проведено в умовах Лівобережного Лісостепу на дослідному полі ТОВ «Поле Знань» (с. Циганське Полтавського р-ну Полтавської обл.).

Тип ґрунту чорнозем типовий малогумусний з умістом гумусу в шарі 0–20 см — 4,1–4,4%. В орному шарі міститься 110–130 мг/кг азоту легкогідролізних сполук, 100–150 мг/кг — рухомих сполук фосфору і 160–200 мг/кг ґрунту — рухомих сполук калію. Ємність поглинання в шарі 0–20 см доволі висока — 33,0–35,0 мг-екв/100 г ґрунту, реакція ґрунтового розчину слабкокисла ($\text{pH}_{\text{сол.}}$ 6,3), гідролітична кислотність — 1,6–1,9 мг-екв/100 г ґрунту. Рівноважна щільність ґрунту 1,03–1,12 г/см³, щільність твердої фази ґрунту — 2,50–2,58 г/см³.

У польових умовах визначали вплив позакореневого підживлення рослин органомінеральними добривами (Фактор А) на ріст і розвиток, та продуктивність трьох гібридів кукурудзи (Фактор Б) з різними ФАО: Меган (ФАО 250), Модель (ФАО 280), Орільскай (ФАО 320) (табл. 1).

Обрані для дослідження органомінеральні добрива містять комплекс макро- і мікроелементів (азот, фосфор, калій, цинк, бор, мідь та ін.) та біологічно активних речовин:

- **Євростім Аміно** — комплексне добриво, яке містить макро- і мікроелементи, бурштинову кислоту, гумінові речовини та амінокислоти (гліцин, аргінін, триптофан);
- **БіоГумат** — комплексний природно-енергетичний препарат контактно-системної дії, до складу якого входять макро- і мікроелементи, ГПФ кислоти, амінокислоти, фітогормони, бетаїни, хітозан, поверхнево активні речовини.
- **Цеовіт АнтиСтрес Мульти** — препарат, до якого входять хелатні елементи живлення, фітогормони, амінокислоти з мі-

Таблиця 1. Схеми польового дослідження

Варіант дослідження	Норма внесення, л/га	Фаза внесення
Контроль (без добрив)	–	–
Євростім Аміно	1,5	3–5 листків (ВВСН 13–15), 6–8 листків (ВВСН 16–18)
БіоГумат	2,0	
Цеовіт АнтиСтрес Мульти	2,0	

Примітка: ВВСН – міжнародна система для опису стадій розвитку рослин.

кробними полісахаридами та органічні сполуки.

Технологія вирощування кукурудзи – відповідно до зональних рекомендацій і загальноприйнятих методик. Розміщення ділянок – послідовне. Повторність дослідження – трикратна. Попередник – соняшник. Основний обробіток ґрунту – оранка на зяб завглибшки 20–25 см, весняне закриття вологи, передпосівна культивування на глибину 4–6 см. Система захисту від бур'янів: досходове внесення гербіциду Екстракорн (4,3 л/га) на 3-тю добу після сівби. Ширина міжряддя становила 70 см, густина посіву – 70 тис. шт./га. Позакореневе підживлення рослин кукурудзи проводили у фазі 3–5 (ВВСН 13–15) і 6–8 листків (ВВСН 16–18) згідно з рекомендаціями виробників препаратів.

Погодні умови періоду вегетації за 2022–2024 рр. різнилися як за роками досліджень, так і порівняно з середньобогатірічним рівнем (СБР) (табл. 2).

Не зважаючи на строкатість погодних умов за роками, їх відхилення від СБР в окремі періоди росту і розвитку рослин кукурудзи, отримані результати дали змогу визначити ефективність застосування досліджуваних органо-мінеральних добрив та їх вплив на рослини кукурудзи. Закладання дослідів, обліки й спостереження здійснювали згідно з загальноприйнятими методиками [28; 29]. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин кукурудзи в основні фази росту і розвитку рослин виконували згідно з методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур [30]. Відмічали дати настання фаз розвитку: сходи (ВВСН 00–09), цвітіння волоті (ВВСН 61–69), повна стиглість (ВВСН 87–89). Фазу поодиноких сходів та інші фази фіксували за настання їх у 10–15% рослин, а повну фазу – у 75% рослин і більше. Вимірювання висоти рослин (у 5-ти місцях по 5 рослин) та прикріплення нижнього

Таблиця 2. Характеристика погодних умов за вегетаційний період 2022–2024 рр.

Місяць	Сума опадів, мм					Середньомісячна температура повітря, °С				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє	СБР	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє	СБР
Квітень	74,2	93,7	20,1	62,7	36,0	9,4	10,0	14,1	11,2	7,0
Травень	30,3	54,3	4,5	29,7	46,0	14,7	15,7	15,5	15,3	14,9
Червень	74,0	34,4	63,9	57,4	72,0	20,8	19,3	21,8	20,6	17,9
Липень	109,0	53,9	1,9	54,9	66,0	20,5	21,5	25,0	22,3	20,4
Серпень	75,6	68,5	0,6	48,2	54,0	22,8	22,8	23,3	23,0	19,2
Вересень	76,5	49,6	4,3	43,5	34,0	13,0	17,5	20,2	16,9	15,8
Жовтень	25,1	87,4	27,9	46,8	40,0	10,5	10,9	11,3	10,9	9,7

Примітка: СБР – середньобогатірічний рівень.

качана виконували за використання мірної лінійки від поверхні ґрунту в двох несуміжних повтореннях у варіантах досліді. Облік урожаю здійснювали методом суцільного обмолочування зерна з кожної ділянки з наступним перерахунком на 100% чистоту і 14% базисну вологість [30]. Статистичну обробку отриманих даних проводили математично-статистичними методами для встановлення достовірності результатів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

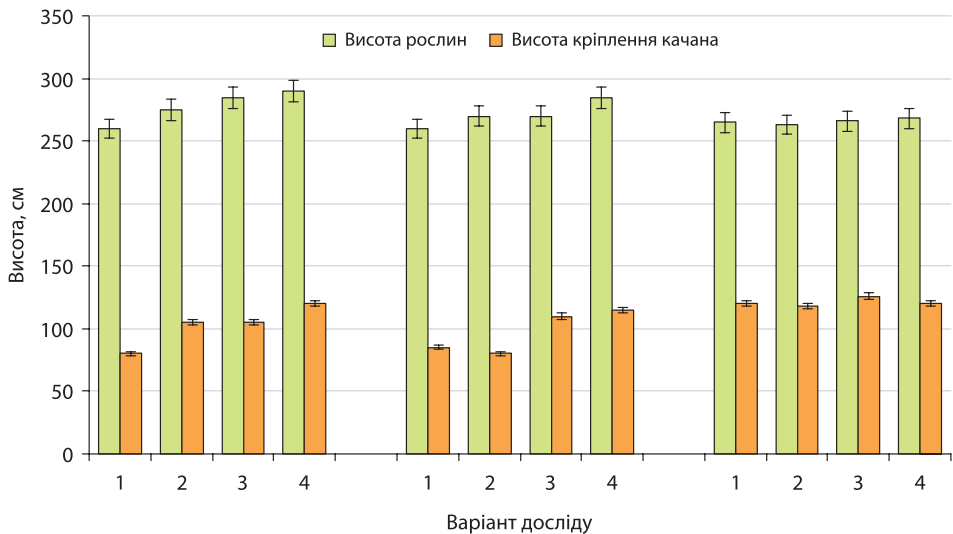
Результати досліджень показали неоднозначний вплив позакореневого підживлення рослин кукурудзи на ріст і розвиток рослин залежно від гібрида. Зокрема не значний позитивний вплив виявлено на рослини середньостиглого гібрида Орільскай (ФАО 320), зокрема такі біометричні показники, як висота рослин і висота кріплення качана були майже на рівні контрольного варіанта (рис.).

Натомість у гібридів середньоранньої групи стиглості відмічено істотнішу реакцію на агроприйм. Так, у гібрида Меган

(ФАО 250) висота рослин збільшувалась на 15–30 см (або 6–12%), а у гібрида Модель (ФАО 280) — на 10–25 см (4–10%) порівняно з контролем. Водночас висота кріплення качанів зростала у гібрида Меган (ФАО 250) порівняно з контролем на 31–50% (до 105–120 см) і на 29–35% (до 129–135 см) — у гібрида Модель (ФАО 280). Зважаючи на те, що висота кріплення качана є важливою характеристикою, що визначає придатність до механізованого збирання врожаю кукурудзи і оптимальними є висота кріплення качанів 50–130 см [14; 15], то застосування такого агрозаходу, як двократне позакореневе підживлення рослин сприяло досягненню агротехнічно прийнятних параметрів.

Варто зазначити, що найбільше стимулювання ростових процесів у рослин кукурудзи було за позакореневого підживлення препаратом Цеовіт АнтиСтрес Мульти — перевага значень біометричних показників у фазі воскової стиглості зерна над іншими варіантами з підживленням становила в середньому 2–12%.

Зниження висоти кріплення качанів на рослинах кукурудзи гібрида Модель (ФАО



Біометричні показники рослин кукурудзи у фазі воскової стиглості зерна (ВВСН 85), середнє за 2022–2024 рр.

Примітки: 1 — Контроль (без добрив); 2 — Євростім Аміно; 3 — БіоГумат; 4 — Цеовіт АнтиСтрес Мульти.

280) і Орільскай (ФАО 320) порівняно з контролем фіксували у варіанті із використанням препарату Євростім Аміно на 5 см і 2 см відповідно.

Позитивну дію позакореневого підживлення рослин спостерігали і за показниками елементів структури врожаю. Так, у контролі рослини кукурудзи різних гібридів формували лише 4–8% по два качана на рослині (табл. 3). Тоді як за двократного підживлення рослин фіксували збільшення частки рослин із двома качанами до 18–22% у гібрида Меган (ФАО 250), до 38–51% — у гібрида Модель (ФАО 280), до 26–35% — у гібрида Орільскай (ФАО 320). Встановлено, що за застосування препаратів Євростім Аміно і БіоГумат найбільше формувалось по два качани на рослині, що свідчить про здатність рослин формувати додатковий або компенсаційний урожай. Розрахунки кількості качанів на 1 га під-

тверджують цю тенденцію: зростання на 8–20% у гібрида Меган (ФАО 250), на 5–9% — у гібрида Модель (ФАО 280) та лише на 1–4% — у гібрида Орільскай (ФАО 320).

Маса 1000 зерен, як і загальна врожайність кукурудзи, варіювала за варіантами досліду і також залежала від гібрида. У гібрида Меган (ФАО 250) збільшення маси 1000 зерен на 10,1 г (або на 4%) було у варіанті із позакореневим підживленням препаратом Цевіт АнтиСтрес Мульти. У цьому варіанті була найвищою за 2022–2024 рр. середня врожайність зерна (11,17 т/га) та вихід зерна (84,2%), а приріст до контролю становив 1,33 т/га.

Менш ефективними за показником урожайності і маси 1000 зерен було позакореневе підживлення рослин препаратами БіоГумат і Євростім Аміно. Відповідно у цих варіантах досліду приріст урожаю до

Таблиця 3. Показники продуктивності різних гібридів кукурудзи, середнє за 2022–2024 рр.

Варіант досліду	Урожайність, т/га	Вихід зерна, %	Кількість качанів, тис. шт./га	Двокачанність, %	Маса 1000 зерен, г
<i>Меган (ФАО 250)</i>					
Контроль (без добрив)	9,84	83,5±2,1	65±2	8±2	263,2±2,0
Євростім Аміно	10,50	84,1±3,5	70±3	18±3	268,9±2,8
БіоГумат	10,85	83,6±4,0	75±3	22±3	267,3±2,5
Цевіт АнтиСтрес Мульти	11,17	84,2±3,6	78±3	21±2	273,3±3,0
НІР ₀₅	0,24				
<i>Модель (ФАО 280)</i>					
Контроль (без добрив)	10,21	85,4±2,9	85±3	4±1	287,7±3,5
Євростім Аміно	10,97	83,8±2,6	93±4	51±3	300,2±3,2
БіоГумат	10,41	84,7±2,6	92±4	41±3	294,6±2,5
Цевіт АнтиСтрес Мульти	10,40	81,0±2,0	89±3	38±2	292,3±2,2
НІР ₀₅	0,19				
<i>Орільскай (ФАО 320)</i>					
Контроль (без добрив)	10,62	82,1±2,6	79±2	6±1	276,3±3,1
Євростім Аміно	11,14	83,3±4,0	82±3	35±3	288,0±2,0
БіоГумат	10,95	81,6±2,1	82±2	29±2	283,0±2,1
Цевіт АнтиСтрес Мульти	10,70	82,1±2,3	80±2	26±2	278,5±2,0
НІР ₀₅	0,16				

контролю сягав 1,01 т/га і 0,66 т/га, а маса 1000 зерен зросла на 4,1 г і 5,7 г.

За вирощування гібрида Модель (ФАО 280) і Орільскай (ФАО 320) найвищу врожайність зерна отримано у варіанті із позакореневим підживленням рослин препаратом Євростім Аміно. В середньому за 2022–2024 рр. у цих варіантах досліду мали приріст урожаю 0,76 т/га і 0,52 т/га відповідно, а вихід зерна становив 83,8% і 83,3%. До того ж маса 1000 зерен збільшилась у середньому на 4%: у гібрида Модель (ФАО 280) — на 12,5 г, у гібрида Орільскай (ФАО 320) — на 11,7 г.

Деяко нижчі показники ефективності використання позакореневого удобрення отримано за внесення препаратів Біо Гумат і Цеовіт АнтиСтрес Мульті на гібридах Модель (ФАО 280) і Орільскай (ФАО 320). Зокрема, за вирощування гібрида Модель (ФАО 280) маса 1000 зерен зросла на 6,9 г у варіанті із підживленням рослин препаратом БіоГумат і на 4,6 г — препаратом Цеовіт АнтиСтрес Мульті. Середній приріст урожаю за 2022–2024 рр. становив 0,20 т/га і 0,19 т/га відповідно, а вихід зерна 84,7% і 81,0%.

За вирощування середньостиглого гібрида Орільскай (ФАО 320) маса 1000 зерен зросла на 6,7 г у варіанті із підживленням рослин препаратом БіоГумат і на 2,2 г — препаратом Цеовіт АнтиСтрес Мульті. Середній приріст урожаю за 2022–2024 рр.

сягав 0,33 і 0,08 т/га відповідно, а вихід зерна 81,6% і 82,1%.

ВИСНОВКИ

Дослідження підтвердили, що двократне позакореневе підживлення кукурудзи у фазі 3–5 листків (ВВСН 13–15) і 6–8 листків (ВВСН 16–18) комплексними органо-мінеральними добривами позитивно впливає на ріст і розвиток рослин, сприяє поліпшенню ростових процесів, формуванню елементів структури врожаю та підвищенню загальної продуктивності рослин. Цей агроприйом є доцільним для інтеграції у технології сталого землеробства, зокрема в умовах змін клімату і нестабільного зволоження Лівобережного Лісостепу України.

Для умов Лівобережного Лісостепу вирощування середньораннього гібрида кукурудзи Меган (ФАО 250) є більш ефективним за позакореневе підживлення препаратом Цеовіт АнтиСтрес Мульті і дає змогу отримати врожайність зерна на рівні 11,17 т/га, а також додатковий приріст урожаю 1,33 т/га. Введення в технологію вирощування гібридів Модель (ФАО 280) і Орільскай (ФАО 320) за двократного підживлення препаратом Євростім Аміно забезпечує збільшення врожайності до 10,97 т/га і 11,14 т/га відповідно та отримання додаткового приросту врожаю 0,76 т/га і 0,52 т/га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wei, W., Yan, Y., Cao, J., Christie, P., Zhang, F., & Fan, M. (2016). Effects of combined application of organic amendments and fertilizers on crop yield and soil organic matter: An integrated analysis of long-term experiments. *Agriculture Ecosyst. Environ.*, 225, 86–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.004>.
2. Gamayunova, V., Khonenko, L., Baklanova, T., Kovalenko, O., & Pilipenko, T. (2020). Modern approaches to use of the mineral fertilizers preservation soil fertility in the conditions of climate change. *Scientific Horizons*, 02(87), 89–101. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101>.
3. Стасик, О. О., Кірізій, Д. А., & Прядкіна, Г. О. (2021). Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*, 53(2), 160–184. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.160>.
4. Мусич, О. Г., Зубко, О. В., & Душко, П. М. (2024). Позакореневе живлення рослин: актуальність, потреби, виконання завдань. *Агроекологічний журнал*, 2, 155–165. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305675>.
5. Patilm, B., & Chetah, H. T. (2018). Foliar fertilization of nutrients. A review. *Marumegh*, 3, 49–53.
6. Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., & Yan, D. (2021). Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. *J. Soil Sci. Plant Nutr*, 21, 104–118. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3>.
7. Поліщук, В. О., & Журавель, С. В. (2022). Динаміка урожайності ланки сівозміни за умов використання органо-мінеральних добрив в зоні Полісся. *Таврійський науковий вісник*, 127, 117–122. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.15>.

8. Дубицька, А. О., Качмар, О. Й., Дубицький, О. Л., Вавринович, О. В., & Щерба, М. М. (2024). Вплив систем удобрення з використанням біостимулятора та гумусного добрива на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 76(1), 16–25. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-2).
9. Бараболя, О. В., & Колісник, А. В. (2023). Вплив метеорологічних умов і мінерального живлення на врожайність льону олійного в умовах Степу України. *Таврійський науковий вісник*, 132, 10–20. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.2>.
10. Дзендзель, А. Ю., & Піда, С. В. (2023). Вплив органо-мінеральних добрив на фізіологічні процеси та продуктивність помідора їстівного (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Фізіологія рослин і генетика*, 55(4), 279–300. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2023.04.279>.
11. Дем'янюк, О. С., Матусевич, Г. Д., Мазур, С. О. та ін. (2023). Пшениця, кукурудза та соняшник — основні культури українського експорту. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*, 4(10), 41–50. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2023.04.05>.
12. Ssemugenze, B., Ocwa, A., Kuunya, R., Gumisiya, C., Bojtor, C., Nagy, J., Széles, A., & Illés, Á. (2025). Enhancing maize production through timely nutrient supply: the role of foliar fertiliser application. *Agronomy*, 15(1), 176. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15010176>.
13. Mahamood, N., Ferdous, Z., Anwar, M., Ali, R., & Sultana, M. (2017). Yield maximization of maize through nutrient management. *Progressive Agriculture*, 27(4), 428–434. DOI: <https://doi.org/10.3329/ra.v27i4.32122>.
14. Паламарчук, В. Д., & Колісник, О. М. (2022). *Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: моногр.* Вінниця: Друкарня «Друк».
15. Засуха, А. А. (2023). Зміна біометричних показників рослин кукурудзи залежно від застосування добрив та регуляторів росту рослин. *Аграрні інновації*, 22, 46–54. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.22.8>.
16. Fan, X., Zhao, W., & Li, J. (2023). Dynamic responses of physiological indexes in maize leaves to different spraying fertilizers at varying concentrations. *Irrig. Sci.*, 41, 309–320. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00820-z>.
17. Tóth, B., Moloi, M. J., Mousavi, S. M. N., Illés, Á., Bojtor, C., Szoke, L., & Nagy, J. (2022). The evaluation of the effects of Zn, and amino acid-containing foliar fertilizers on the physiological and biochemical responses of a Hungarian fodder corn hybrid. *Agronomy*, 12, 1523. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12071523>.
18. Баган, А. В., & Улізько, В. М. (2024). Вплив позакореневого підживлення на урожайність середньостиглих гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.). *Таврійський науковий вісник*, 140, 13–19. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.2>.
19. Brankov, M., Simic, M., Dolijanovic, Z., Rajkovic, M., Mandic, V., & Dragicevic, V. (2020). The response of maize lines to foliar fertilizing. *Agriculture*, 10(9), 365. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10090365>.
20. Stewart, C. P., Paparozzi, E. T., Wortmann, C. S., Jha, P. K., & Shapiro, C. A. (2020). Foliar micro-nutrient application for high-yield-maize. *Agronomy*, 10(12), 1946. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10121946>.
21. Жуйков, О. Г., & Давиденко, І. А. (2024). Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами — дієвий елемент технології чи «тренд»? *Таврійський науковий вісник*, 136(1), 116–124. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.16>.
22. Rác, D., Szoke, L., Tóth, B., Kovács, B., Horváth, É., Zagy, P., Duzs, L., & Széles, A. (2021). Examination of the productivity and physiological responses of maize (*Zea mays* L.) to nitrpyrin and foliar fertilizer treatments. *Plants*, 10(11), 2426. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10112426>.
23. Rodrigues, V. A., Cruscio, C. A. C., Bossolani, J. W., Portugal, J. R., Moretti, L. G., Bernart, L., ... Lolato, R. P. (2021). Foliar nitrogen as stimulant fertilization alters carbon metabolism, reactive oxygen species scavenging, and enhances grain yield in a soybean–maize rotation. *Crop Sci*, 61, 3687–3701. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20587>.
24. Deshpande, P., Dapkekar, A., Oak, M. D., Panikar, K. M., & Rajwade, J. M. (2017). Zinc complexed chitosan/TPP nanoparticles: A promising micronutrient nano carrier suited for foliar application. *Carbohydr. Polym*, 165, 394–401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.061>.
25. Széles, A., Nagy, J., Rátónyi, T., & Harsányi, E. (2019). Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*, 64, 1–14.
26. Ocwa, A., Mohammed, S., Mousavi, S. M. N., Illés, Á., Bojtor, C., Ragán, P., ... Harsányi, H. (2024). Maize grain yield and quality improvement through bio-stimulant application: A systematic review. *J. Soil Sci. Plant Nutr*, 24(8), 1609–1649. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01687-z>.
27. Biswal, B., Kumar, R., & Kumar, A. (2024). Enhancing growth, yield, and nutrient quality of fodder maize through foliar application of ortho silicic acid. *Silicon*, 16(2), 559–571. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02691-1>.
28. Рожков, А. О., Пузік, В. К., & Каленська, С. М. (2016). *Дослідна справа в агрономії* (Кн. 1). Харків: Майдан.
29. Лебідь, Є. М., Циков, В. С., & Пашенко, Ю. М. (2008). *Методика проведення польових дослідів з кукурудзою*. Дніпропетровськ.
30. Волкодав, В. В. (Ред.), та ін. (2000). *Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур*. Київ: Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин.

Стаття надійшла до редакції журналу 18.03.2025