

УДК 633.15:631.5

DOI:10.37128/2707-5826-2024-1-3

**ФОРМУВАННЯ  
ПРОДУКТИВНОСТІ КУКУРУДЗИ  
ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗАЦІЇ  
СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ**

**В.І. ЦИГАНСЬКИЙ**, кандидат с.-г.  
наук, доцент

**В.В. МАШЕНКО**, аспірант  
Вінницький національний аграрний  
університет

*Проведено оцінку та узагальнення загальних аспектів системи корегуючого підживлення кукурудзи на зерно на фоні застосування рекомендованого базового мінерального удобрення. Оцінено на основі аналізу літературних даних узагальнення стосовно застосування різних форм азотних добрив у комбінованому поєднанні із мікродобривами на результативність реалізації адаптивного потенціалу сучасних інтенсивних гібридів кукурудзи.*

*Розроблено схему застосування амідної форми азоту у формі 5% розчину карбаміду у варіанті позакореневого підживлення за поєднання з високоефективними хелатними мікродобривами для двох фенологічних фаз 5–6 та 8–9 листків у кукурудзи.*

*Визначено, що застосування амідних форм азоту для позакореневого підживлення зернової кукурудзи є більш доцільним та технологічно ефективним за більш феностадійно ранішого його внесення починаючи вже з фази 5 справжніх листків, що гарантує на 14,8 % вищий загальний результуючий ефект, ніж внесення даної форми у період 8 справжніх листків культури. При цьому, ефект впливу мікродобрив на висоту стебла, площу асиміляційної поверхні рослин мав зворотню тенденцію – більші прирости за результуючим значенням на рівні 3,8 % до контролю було отримано у варіанті застосування хелатних мікродобрив у фазу 8 справжніх листків. З огляду на це за однокомпонентного застосування хелатних мікродобрив у позакореневе підживлення регламент їх застосування слід зміщувати в інтервал фаз 7–9 листків.*

*Доведено, що за комбінованого використання амідної форми азоту та хелатних мікродобрив у позакореневе підживлення слід орієнтуватись на встановлені технологічні строки застосування карбаміду, що дозволяє істотно підвищити позитивний ефект такого поєднання з огляду як на загальні ростові процеси, так і на структуру індивідуальної зернової продуктивності рослин кукурудзи.*

*У підсумку підтверджено, що максимальний рівень продуктивності на кукурудзі досягається за двохранового застосування амідної форми азоту по вегетації у критичні фази 5–6 та 8–9 листків за поєднання із хелатними мікродобривами які містять цинк та додаткові мікроелементи у складі хелатних груп з отриманням середнього за двохрічний період досліджень приросту до контролю на рівні 0,82 т/га (13,2 % загального приросту до контрольного варіанту).*

**Ключові слова:** кукурудза, мікродобрива, амідні форми азоту, ростові процеси, урожайність.

**Табл. 3. Рис. 2. Літ. 15.**

**Постановка проблеми.** Сучасні системи удобрення кукурудзи передбачають поліваріантні підходи, які базуються як на варіантах застосування лише фонового мінерального удобрення, так і на складному технологічному поєднанні внесення фонового мінерального удобрення, мікродобрив та рістрегулюючих речовин [1].

При цьому ефективність кожної із систем визначалась як генетичним потенціалом вирощуваного гібриду, такі і конкретним регламентом поєднання агрохімікатів у системі живлення кукурудзи. При цьому власне сама специфіка такого поєднання за різними оцінками чинникового впливу забезпечує вплив на рівні 41-63% у загальній факторній схемі дослідів з огляду на формування головного показника – урожайності кукурудзи [2].

На сьогодні доведена позитивноформуюча ефективна дія мікроелементів, особливо таких як цинк, марганець, молібден. Саме мікроелементи у системі живлення сучасних інтенсивних гібридів кукурудзи є вагомим вузькоспеціалізованим чинником регулювання обмінно-ростових процесів, який гарантує істотне підвищення як урожаю культури, так і його якості [3].

З іншого боку дія мікродобрив та рістрегулюючих речовин іноді на кукурудзі має фізіологічно віддалений ефект, який не дозволяє у певній мірі забезпечити бажані темпи ростових процесів рослин кукурудзи, особливо з огляду на глобальні кліматичні зміни, які формують складний динамічний ефект впливу на адаптивний ресурс рослинного організму. Це знижує загальну ефективність застосованих мікроелементів за умови застосування їх у регламенті коректуючо-компенсуючих варіантів живлення на фоні застосування повної дози мінерального живлення з осені чи частково під передпосівний обробіток [4].

Такі причини зумовлюють пошук найбільш ефективних варіантів поєднання макро- та мікродобрив у відповідній комбінації по вегетації на основі застосування амонійно-нітратної чи амідної форми азоту та різних мікродобрив за хімічним складом та ефективністю дії [5-7]. Це дає можливість оптимально поєднати як швидко точкову дію класичних форм азотного живлення до якого кукурудза є вкрай вибаглива із потужним коректуванням фізіологічних перетворень у формі лінійного росту та якісної органоциференціації у критичні періоди розвитку культури [8].

З іншого боку питання кількісного регламентного поєднання класичного азотного підживлення із застосуванням чи аміачної селітри чи карбаміду (сечовини) із хелатними мікродобривами є на сьогодні питанням дискусійним [9-10].

Зокрема слід відмітити різноманітність думок вчених щодо ефективності амонійної, амонійно-нітратної та амідної форм азоту за вирощування кукурудзи. Відмічається, що доцільність застосування кожної із форм визначається погодними умовами в період активних лінійних ростових процесів кукурудзи, станом рослин на період підживлень та типом гібрида як за характером стиглості, так і за відношенням до відповідних рівнів мінерального живлення [10]. Відмічається також що амідна форма з позиції більш швидкої листової (тканинної) реутилізації та депонування у точках росту у підсиленні мікроелементами є більш ефективною ніж поєднання амонійної чи амонійно-нітратної форми азоту механізм дії якої має іншу фізіологічну направленість [7, 11-12].

З огляду на цей факт ціллію наших досліджень було визначення ефективності поєднання позакоренових підживлень кукурудзи саме амідною формою азоту та комплексними хелатними мікродобривами з позиції впливу на ростові процеси та реалізацію продуктивності високоінтенсивного гібриду кукурудзи.

Результати таких досліджень дозволять удосконалити підходи до розробки адаптивних систем удобрення даної культури з огляду на ефективність поєднання відповідної фізіологічно-препаративної форми азоту із підібраним комплексним мікродобривом широкого спектру дії.

**Умови та методика досліджень.** Дослідження проводились на дослідному полі ВНАУ (49°11'31" п. ш. 28°22'16" с. д.) на темно-сірих лісових ґрунтах. Агрохімічний потенціал поля: вміст гумусу: 2,02–3,2 %, легкогідролізованого азоту 67–92, рухомого фосфору 149–220, обмінного калію 92–126 мг/кг ґрунту при рН<sub>ккл</sub> 5,5–6,0. Формат досліджень – дрібноділянковий, повторність 3-х разова.

Дослідження проводились у період 2021–2022 рр. Систему оцінки ефективності застосованої системи удобрення проводили на високоінтенсивному гібриді кукурудзи Данііл. Гібрид високорослий (220-240 см). Качан конусоциліндричної форми довжиною 18-20 см. Число рядів зерен 14-16, зерен в ряду 34-40. Висота кріплення нижнього качана до 90 см. Зерно жовте, зубовидне. Маса 1000 зерен 290-310 г. Урожайність 13,5-16 т/га зерна та 58-62 т/га силосної маси. Відноситься до середньоранніх гібридів (ФАО 280), відрізняється ремонтантністю (зелене стебло при зрілому качані). Гібрид надзвичайно стійкий до ураження основними шкідниками та хворобами (9 балів). Надзвичайно стійкий до вилягання, холодостійкий (9 балів). Відрізняється хорошою посухостійкістю і жаростійкістю. Має хорошу облистяність. Чутливий до високого агрофону. Невибагливий до умов вирощування. Придатний до інтенсивного землеробства.

Густота стояння рослин гібрида у досліді 75 тис. рослин/га. Попередник у досліді озима пшениця. Строк сівби – третя декада квітня. Площа ділянки 50 м<sup>2</sup>, облікова – 42 м<sup>2</sup>. Фонове удобрення для всіх вивчаємих варіантів підживлення у досліді N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>. Агротехніка вирощування кукурудзи у досліді була типовою для зони досліджень, виходячи із рекомендованих агротехнологічних регламентів [10]. Схема досліді представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

**Схема досліді вивчення формування урожайності кукурудзи за різних варіантів позакоренових підживлень, 2021-2022 рр.**

|           |   |
|-----------|---|
| Варіант 1 | Без обробки* (контроль)   |
| Варіант 2 | Карбамід 10 кг/га (5-6 листків)   |
| Варіант 3 | Карбамід 10 кг/га (8-9 листків)   |
| Варіант 4 | Карбамід 10 кг/га (5-6 листків) + Квантум-хелат цинка 117 EDTA 1,5 л/га (5-6 листків)   |
| Варіант 5 | Карбамід 10 кг/га (8-9 листків) + Квантум-кукурудза 3,0 л/га (8-9 листків)  |
| Варіант 6 | Карбамід 10 кг/га + Квантум-хелат цинк 117 EDTA 1,5 л/га (5–6 листків) + карбамід 10 кг/га + Квантум-кукурудза 3,0 л/га (8–9 листків) |

\* – обробка водою для зрівняння варіантів зволоження

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

Застосовувалось ранцеве поділянкове внесення добрив. Концентрація робочого розчину карбаміду 5%, загальна витрата робочого розчину для фази 5-6 листків до 200 л/га, для фази 8-9 листків – до 300 л/га. Внесення карбаміду і мікродобрив проводилось сепаративно. Загальні спотереження та обліки на кукурудзі здійснювались у визначених облікових параметрах досліді відповідно до загальноприйнятих методів і методик [13].

Площу листків вимірювали, у двох несуміжних повтореннях шляхом множення довжини кожного листка на його ширину, коефіцієнт 0,75 і суми всіх листків однієї рослини [13].

Структуру врожаю визначали на 10 типових рослинах за типологічними показниками для кукурудзи (довжина качана, діаметр качана, кількість рядів зерен, кількість зерен в ряду, вихід зерна з качана, кількість качанів на рослині, маса 1000 зерен тощо) [13].

Оцінка ефективності застосованих агрохімікатів проводилась відповідно до широкоапробованих рекомендацій [15]. Статистична обробка результатів дослідження передбачала систему багатофакторного дисперсійного аналізу з оцінкою різниці між варіантами за критерієм найменшої істотної різниці на 5% рівневі значимості [14].

Коротка характеристика застосованих мікродобрив: Квантум-Кукурудза – висококонцентрований комплекс хелатних добрив для позакореневого підживлення кукурудзи, а також для обробки насіння. Склад: N-5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-7%, K<sub>2</sub>O-9%, SO<sub>3</sub>-2.5%, Zn-2.5%, Cu-1.2%, Mn-0.6 %, B-0.5%, Mo-0.012%, Ni-0.01%, Co-0.003%, гумінові речовини, амінокислоти.

Квантум - Хелат цинка. Комплексне цинкове мікродобриво, що містить високі концентрації фосфору, калію і цинк у хелатній формі. Застосовується для підживлення культур, чутливих до нестачі цинку (кукурудза, виноград, плодово-ягідні культури та інші). Найбільш концентроване хелатне цинкове мікродобриво (EDTA). Застосовується для профілактики і ліквідації дефіциту цинку. Має відмінну сумісність в бакових розчинах завдяки технології ЕКСТРА-хелатування. Склад: Zn – 11,7% (117 г / л). рН – 6,0-7,5. Щільність - 1,20-1,25 кг/л.

Особливості погодних умов за період досліджень представлено на рис. 1.

Перші осінні заморозки у повітрі спостерігались 8 жовтня, що на 4 дні раніше за середні багаторічні строки. Найбільша кількість опадів спостерігалась у другій та третій декадах листопада. Зовсім сухими виявились друга та третя декади вересня, а також перша декада жовтня.

Весна 2021 р., у переважній своїй частині, прийшла в підвищеному температурному режимі, наприкінці сезону температурний фон не відхилився від кліматичної норми.

Літо 2021 р. відзначилось різноманітною погодою: спостерігались періоди похолодань із проходженням зливових дощів різної інтенсивності та періоди зі спекотними днями. Особливо спекотними за це літо були третя декада червня, а також перша та третя декади серпня. Середня температура повітря в ці періоди складала +24,4–27,2 °С, що на 3,3–5,5 °С вище норми. Тривалість метеорологічного літа склала 131–136 днів. Осінь 2021 р. відзначилась коливаннями температурного режиму як в бік підвищення так і в бік зниження, вітрами, а також дефіцитом опадів на початку періоду та достатньою їх кількістю на протязі більшої частини періоду. Весна 2022 р. відзначилась дуже контрастними погодними умовами: початок сезону був холодним, у середині періоду – теплим, в кінці періоду – в межах кліматичної норми.

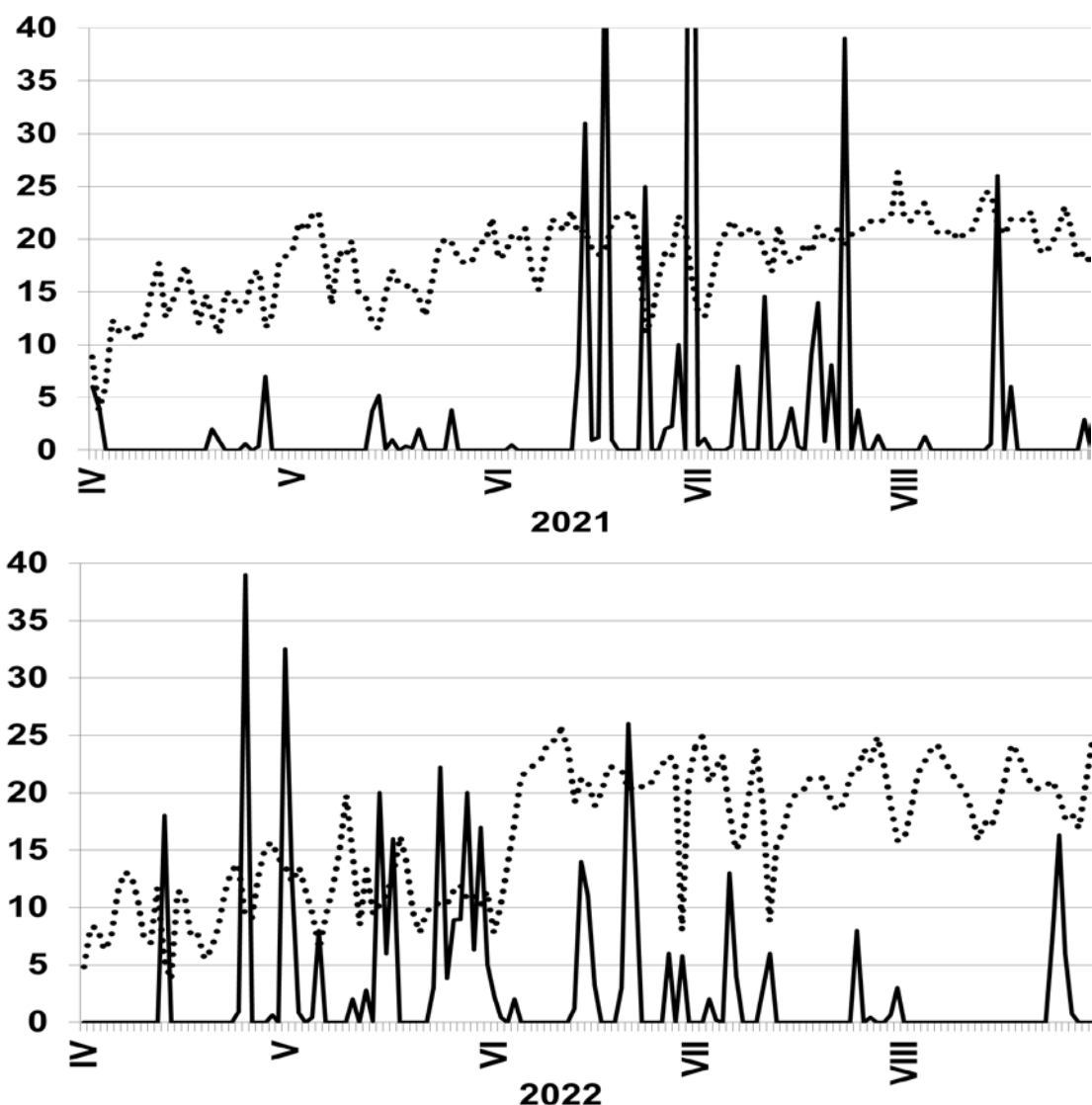


Рис. 1. Динаміка опадів (суцільна лінія) та середньодобової температури (точкова лінія) за період 2021–2022 рр.

Джерело: Сформовано за результатами власних досліджень

Середня місячна температура повітря за березень виявилась вище кліматичної норми на  $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  та становила  $+6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Середня температура повітря весни складала  $+6,5\text{--}16,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що на  $0,3\text{--}4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  вище кліматичної норми.

Літо 2022 р. відмітилось теплою, в окремі періоди спекотною погодою з нерівномірним зволоженням. Основна маса опадів припала на першу декаду червня та липень місяць. З огляду на представлені дані гідротермічного режиму вегетації періоду досліджень погодні умови слід охарактеризувати як відносно сприятливі для ростових процесів кукурудзи із наявними ризиковими обмежуючими чинниками, що й відобразилось на загальному рівні врожаю кукурудзи у розрізі окреслених варіантів досліду.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Результати наших спотережень та обліків підтвердили ефективність застосованих заходів оптимізації удобрення

кукурудзи порівняно із контрольним варіантом за рядом базових морфологічних параметрів ростових процесів. Так, висота рослин кукурудзи, яка є базовим індикатором загальної результативності ростових процесів [3, 6] (Рис. 2) залежала як від лімітуючого впливу гідротермічних умов періоду вегетації культури з огляду на те, що середнє значення висоти рослин на рівні 210,8 см є нижчим ніж потенційне значення даного показника по результатах зонального випробування гібриду (230-240 см).

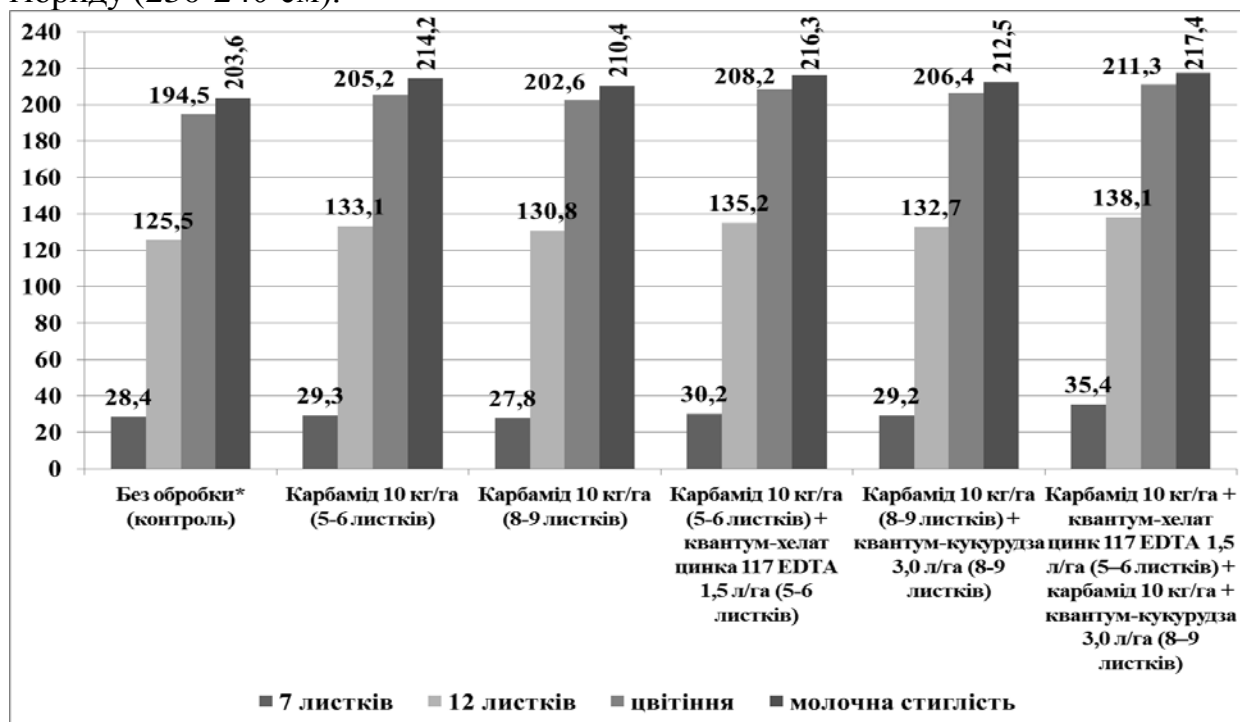


Рис. 2. Висота рослин кукурудзи залежно від варіантів позакоренових підживлень у розрізі фенологічних фаз, см (середнє за 2021–2022 рр.) (НІР<sub>05</sub> для фази 7 листків – 0,91, 12 листків – 1,75, цвітіння – 2,39 та молочної стиглості – 2,77).

Джерело: сформовано за результатами власних досліджень

Причиною цього є відмічена інтенсивна коливальна динаміка середньодобових температур період активного росту рослин кукурудзи (травень-початок липня), що негативно відобразилось на темпах лінійного росту стебла на період молочно-воскової стиглості зерна. Також слід зауважити, що застосування системи мікродобрих забезпечило загальну оптимізацію ростових процесів із середніми приростами до фонового контролю на рівні 4–8 см на фазу обліку 12 листків та відповідно 7–11 см на фазу цвітіння і 8–12 см на фазу молочно-воскової стиглості зерна. Отримані дані підтверджують той факт, що примінення у підживлення карбаміду є обґрунтовано більш доцільним у варіанті більш ранніх феностадій зокрема у нашому випадку на фазу 5-6 листка. Це підтверджується даними приростів висоти стебла при застосуванні карбаміду (амідна форма азоту) у співставленні до контролю 8,1-11,2 %, що на 2,3–3,5 %, вище ніж у варіанті застосування карбаміду у фазу 8-9 листків. Це ж підтверджується твердженням, що застосування азотних підживлень із застосуванням різних форм азоту є

більш ефективним за його зміщення на період стартового періоду активного росту [3], що у кукурудзи відповідає фенологічній фазі 5-7 листка [7, 12].

При цьому встановлено максимальний позитивний ефект на лінійні ростові процеси кукурудзи за повного комбінованого використання варіантів оптимізації удобрення. Максимальна ефективність щодо впливу на висоту стебла кукурудзи було відмічено у варіантів застосування комбінованого поєднання заходів оптимізації удобрення (Варіант 6) – 6,9 % на фазу молочної стиглості зерна. Так як висота рослин кукурудзи є індикатором інтенсивності загальних ростових процесів так і площа асиміляційної поверхні рослин є індикатором майбутньої реалізації урожайного потенціалу культури [8, 9]. Відмічається, що застосування позакореневих підживлень у першу чергу найбільш ефективно відображується саме на формуванні площі листового апарату [1, 3] за рахунок активного депонування та транслокацій отриманих активних інгредієнтів агрохімікатів із конкретного мікродобрива. У цьому плані карбамід, як амідна форма добрива за рахунок легкого засвоювання інтенсивно поглинається рослинами кукурудзи, що відображується на величинах приростів показників площі асиміляційної поверхні у короткостроковій та довгостроковій динаміках росту і розвитку рослин кукурудзи [4, 5]. Подібні висновки підтверджуються і результатами наших досліджень (Табл. 2).

Так, у середньому за двохрічний період доліджень встановлено аналогічну закономірність виявлену в оцінці формування висоти рослин кукурудзи – застосування амідної форми азоту за варіанту позакореневих підживлень є більш

Таблиця 2

**Динаміка формування площі асиміляційної поверхні рослин залежно від варіантів застосування позакореневих підживлень, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2021-2022 рр.)**

| Варіант підживлень  | На фенологічну фазу: |            |                   |                   |
|---|----------------------|------------|-------------------|-------------------|
|   | 12 листків           | цвітіння   | молочна стиглість | воскова стиглість |
| Без обробки* (контроль)   | 22,4 ± 2,3           | 40,6 ± 2,2 | 38,2 ± 1,9        | 32,5 ± 1,7        |
| Карбамід 10 кг/га (5-6 листків)   | 23,8 ± 1,9           | 43,4 ± 1,8 | 45,7 ± 1,7        | 39,2 ± 1,9        |
| Карбамід 10 кг/га (8-9 листків)   | 22,7 ± 1,8           | 43,2 ± 1,9 | 44,7 ± 1,9        | 40,4 ± 1,8        |
| Карбамід 10 кг/га (5-6 листків) + квантум-хелат цинка 117 EDTA 1,5 л/га (5-6 листків)   | 24,6 ± 1,9           | 44,9 ± 1,8 | 46,8 ± 1,7        | 41,8 ± 1,9        |
| Карбамід 10 кг/га (8-9 листків) + квантум-кукурудза 3,0 л/га (8-9 листків)  | 23,7 ± 2,2           | 44,2 ± 1,5 | 45,6 ± 1,9        | 42,4 ± 1,5        |
| Карбамід 10 кг/га + квантум-хелат цинк 117 EDTA 1,5 л/га (5-6 листків) + карбамід 10 кг/га + квантум-кукурудза 3,0 л/га (8-9 листків) | 26,8 ± 1,7           | 46,7 ± 1,9 | 49,1 ± 2,2        | 44,7 ± 2,4        |
| <i>НІР<sub>05</sub></i>   | 0,38                 | 1,18       | 2,39              | 2,87              |

Джерело: Сформовано за результатами власних досліджень

ефективних за фенологічно раннього його застосування. Це пояснюється тим же характером оптимізованої віддаленої дії як на процес листкоутворення рослин, так і на формування індивідуальної площі листя. У підсумку результуючий приріст за застосування карбаміду на фазу 5-6 листків забезпечив приріст на рівні 17,4 % до контролю а у варіанті застосування його на фазу 8-9 листків – на рівні 6,8 %.

Застосування мікродобрив на фоні внесення карбаміду у всіх варіантах істотно підсилювало позитивний ефект з приростом у розрізі облікових фенофаз на рівні 2,3-4,5 %. Слід також зауважити ще одну особливість – послідовне зниження у приростах частки дії карбаміду та зростання ролі внесення мікродобрив при зміщенні застосування позакоренових підживлень на більш пізні фенофази росту і розвитку рослин кукурудзи. Такі результати узгоджуються із аналогічними дослідженнями ряду науковців [4, 10, 12].

У результуючому підсумку встановлений комплементарний сумуючий ефект дії додаткових заходів оптимізації удобрення кукурудзи забезпечив максимальне значення площі листя на фазу молочної стиглості зерна у варіанті 6 дослід у значенні 49,1 тис. м<sup>2</sup>/га, що із приростом до контрольного варіанту (Варіант 1) у значенні 10,9 тис. м<sup>2</sup>/га або ж 28,5 % до контролю. Відмічено позитивний вплив застосованих позакоренових підживлень і на формування як показників індивідуальної зернової продуктивності рослин, так і на показники урожайності (Табл. 3).

Таблиця 3

**Показники індивідуальної зернової продуктивності та урожайність кукурудзи залежно від варіантів позакоренових підживлень (середнє за 2021-2022 рр.)**

| Варіант удобрення   | Довжина качана, см              | Маса зерна з качана, г | Маса 1000 зерен, г | Урожайність, т/га | Приріст урожаю |      |
|---|---------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|------|
|   |                                 |                        |                    |                   | т/га           | т/га |
| Без обробки* (контроль)   | 16,6 ± 0,5                      | 176,4 ± 5,6            | 271,5 ± 2,3        | 6,23              | –              | –    |
| Карбамід 10 кг/га (5-6 листків)   | 17,9 ± 0,7                      | 191,7 ± 6,5            | 291,8 ± 2,4        | 6,73              | 0,50           | 8,0  |
| Карбамід 10 кг/га (8-9 листків)   | 17,2 ± 0,5                      | 186,9 ± 7,9            | 288,4 ± 2,5        | 6,66              | 0,43           | 6,9  |
| Карбамід 10 кг/га (5-6 листків) + квантум-хелат цинка 117 EDTA 1,5 л/га (5-6 листків)   | 18,8 ± 0,5                      | 195,8 ± 7,5            | 294,5 ± 2,9        | 6,75              | 0,52           | 8,4  |
| Карбамід 10 кг/га (8-9 листків) + квантум-кукурудза 3,0 л/га (8-9 листків)  | 18,0 ± 0,7                      | 194,8 ± 5,9            | 290,7 ± 2,1        | 6,63              | 0,40           | 6,4  |
| Карбамід 10 кг/га + квантум-хелат цинк 117 EDTA 1,5 л/га (5-6 листків) + карбамід 10 кг/га + квантум-кукурудза 3,0 л/га (8-9 листків) | 19,5 ± 0,7                      | 201,7 ± 8,4            | 298,7 ± 2,1        | 7,05              | 0,82           | 13,2 |
| <i>НІР<sub>05</sub>, т/га</i>   | <i>2021– 0,183; 2022– 0,317</i> |                        |                    |                   |                |      |

*Джерело: сформовано за результатами власних досліджень*



Встановлено більш доцільний варіант застосування карбаміду у фазу 5–6 листків, що у середньому забезпечило зростання показників структури зернової продуктивності на 11,3 % вище, ніж за використання карбаміду на фазу 8–9 листків. Відмічено, що послідовне ускладнення системи позакоренових підживлень має подібну тенденцію до зростання у вираженості базових критеріїв індивідуальної зернової продуктивності. При цьому максимальних значень цих показників досягнуто за повного поєднання всіх варіантів із застосуванням карбаміду та мікродобрих, що у підсумку забезпечило такі прирости до контролю (Варіант 1): довжини качана 17,5 %, діаметру качана – 22,2%, масою зерна з качана 26,8 %, масою 1000 зерен – 10,0 %.

Ефективність в оцінці різних використаних мікродобрих була також істотно відмінною. Так, сепаративне використання обох мікродобрих забезпечило на 5,1-8,3 % (залежно від показника структури зернової продуктивності) меншу ефективність у співставленні до їх комбінованого використання.

Слід зауважити, що рівень урожайності досліджуваного гібриду кукурудзи за базовою калькуляцією на підставі показників структури зернової продуктивності качана був по факту обліку урожайності на 26,8% нижчим. Це на нашу думку цілком пояснюється динамічним характером і зміни температур і зволоження в умовах 2021 року досліджень та нестабільним зволоженням характерним для умов 2022 року (див. рис. 1). У підсумку закономірним є результат досягнення максимального облікового рівня урожаю у варіанті комплексного поєднання варіантів застосування карбаміду та мікродобрих – на рівні 7,05 т/га з приростом до контрольного варіанту на рівні 0,82 т/га.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Таким чином, нашими дослідженнями доведена ефективність поєднання амідної форми азотного живлення із комплексним поєднанням застосування хелатних мікродобрих по вегетації. За рахунок застосованих варіантів оптимізації удобрення вдалося досягти у відносно сприятливий період для рослин кукурудзи приріст урожаю в інтервалі 0,40–0,82 т/га (6,4–13,2 % до контролю). Максимальний рівень урожайності (7,05 т/га (13,4 % приросту до контролю)) досягнуто за поєднання у варіанті двохразового позакоренового підживлення карбаміду 10 кг/га у фази 5-6 та 8-9 листків при одночасному застосуванні мікродобрих Квантум-хелат цинка 117 EDTA та Квантум кукурудза. З позиції оцінки ефективності застосування амідної форми азотних добрив у формі карбаміду то найбільш результативним є варіант його внесення у фазу 5-6 листків нормою не менше 10 кг/га діючої речовини, що в умовах дослідження забезпечило приріст урожаю зерна контролю на рівні 0,50 т/га (8,0 %), що на 1,1 % вище, ніж аналогічний приріст при застосуванні карбаміду у фазу 8-9 листків.

Перспектива подальших досліджень передбачатиме вивчення питання комбінованого поєднання амідної, амонійної та амонійно-нітратної форми мінеральних добрив за різних варіантів їх застосування у поєднанні із рядом хелатних мікродобрих різного складу.

### Список використаної літератури

1. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.
2. Дегодюк Е.Г., Проненко М.М., Ігнатенко Ю.О., Пипчук Н.М., Мулярчук А.О. Сучасні системи удобрення в землеробстві України: науково-методичні та науково-практичні рекомендації. За редакцією доктора с.-г. наук С.Е. Дегодюка. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 84 с.
3. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Підручник. Вінниця. ФОП Рогальська І.О., 2017. 588 с.
4. Дудка М.І., Якунін О.П, Пустовий С.І. Вплив позакореневого підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2020. № 115. С. 42-48. DOI:<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6>.
5. Дідур І.М., Циганський В.І. Формування зернової продуктивності кукурудзи залежно від застосування мікробіологічного добрива Граундфікс в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 3 (7). С. 70–76.
6. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 1 (20). С. 60-76. DOI: [10.37128/2707-5826-2021-1](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-1).
7. Степаненко М.В., Грабовський М.Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 104-109. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.16> <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/issue/view/21>.
8. Palamarchuk V., Telekalo N. The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 24. № 5. P. 783-790.
9. Кінніченко К.С., Щербакова В.А. Кукурудза. Харків. «ФАУкрінформ», 2018. 192 с.
10. Третяк М.Н., Шкурпела І.А. Сучасні технології вирощування зернових культур. Вінниця: Поділля, 2018. 160 с.
11. Шевченко Н.В. Урожайність зерна кукурудзи залежно від обробки насіння та позакореневих підживлень. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 3 (73). 9 с. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.03.018>.
12. Мазур В.А., Циганська О.І., Шевченко Н.В. Висота рослин кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 1 (8). С. 5-13.
13. Лебідь Є.М., Циков В.С., Пащенко Ю.М. та ін. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Видання доповнене. Дніпропетровськ, 2011. 33 с.

14. Ушкаренко В.О., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство). Херсон: Грін Д.С. 2014. 448 с.
15. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень. К.: Вид-во НАУ, 2001. 247 с.

### Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Palamarchuk V.D., Kolisnyk O.M. (2022). Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannya kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia [*Modern technology of maize cultivation for energy-efficient and environmentally friendly development of rural areas: monograph*]. Vinnytsia: TOV Druk. [in Ukrainian].
2. Dehodiuk E.H., Pronenko M.M., Ihnatenko Yu.O., Pypchuk N.M., Muliarchuk A.O. (2020). Suchasni systemy udobrennia v zemlerobstvi Ukrainy: naukovy-metodychni ta naukovy-praktychni rekomendatsii [*Modern fertilizer systems in Ukrainian agriculture: scientific, methodological and practical recommendations*]. za redaktsiieiu doktora s.-h. nauk S.E. Dehodiuka. Vinnytsia: TOV «TVORY». [in Ukrainian].
3. Mazur V.A., Palamarchuk V.D., Polishchuk I.S., Palamarchuk O.D. Novitni ahrotekhnolohii u roslynnytstvi (2017). [*The latest agricultural technologies in crop production*]. Pidruchnyk. Vinnytsia. FOP Rohalska I.O. [in Ukrainian].
4. Dudka M.I., Yakunin O.P., Pustovyi S.I. (2019). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia na formuvannia zernovoi produktyvnosti kukurudzy za vyroshchuvannya yii pislia soniashnyku [*Influence of foliar fertilization on the formation of grain productivity of maize when grown after sunflower*]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavrian Scientific Bulletin*. № 115. 42-48. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6>. [in Ukrainian].
5. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I. (2017). Formuvannia zernovoyi produktyvnosti kukurudzy zalezno vid zastosuvannya mikrobiolohichnoho dobryva Hraunfiks v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. [*Formation of grain productivity of corn depending on application of microbiological fertilizer Graunfix in the conditions of the Forest-steppe of the Right Bank*]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 3 (7). 70–76. [in Ukrainian].
6. Palamarchuk V.D., Demchuk B.S. (2021). Rol pozakorenevykh pidzhyvlen u suchasnykh tekhnolohiakh vyroshchuvannya zernovoi kukurudzy [*The role of foliar fertilization in modern technologies of grain corn cultivation*]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. №1 (20). 60-76. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-1. [in Ukrainian].
7. Stepanenko M.V., Hrabovskyi M.B. (2023). Vplyv systemy udobrennia na liniini rozmiry roslyn kukurudzy [*Influence of fertilization system on linear dimensions of maize plants*]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*. № 21. 104-109. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.16> <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/issue/view/21> [in Ukrainian].
8. Palamarchuk V., Telekalo N. (2018). The effect of seed size and seeding depth on the components of maize yield structure. *Bulgarian Journal of Agricultural*

*Science*. Vol. 24. № 5. P. 783-790. [In English].

9. Kinnichsnko K.S., Shcherbakova V.A. (2018). Kukurudza [Corn]. Kharkiv. «FAUkrinform». [in Ukrainian].

10. Tretiak M.N., Shkorpela I.A. (2018). Suchasni tekhnolohii vyroshchuvannya zernovykh kultur [Modern technologies for growing grain crops]. Vinshshchia.: Podillia. [in Ukrainian].

11. Shevchenko N.V. (2018). Urozhainist zerna kukurudzy zalezho vid obrobky nasinnia ta pozakorenykh pidzhyvlen [Corn grain yield depending on seed treatment and foliar fertilization]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. № 3 (73). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.03.018> [in Ukrainian].

12. Mazur V.A., Tsyhanska O.I., Shevchenko N.V. (2018). Vysota roslyn kukurudzy zalezho vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannya [Corn plant height depending on cultivation techniques]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 1 (8). 5-13. [in Ukrainian].

13. Lebid Ie.M., Tsykov V.S., Pashchenko Yu.M. ta in. (2011). Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu [Methods of conducting field experiments with corn]. Vydannia dopovnene. Dnipropetrovsk. [in Ukrainian].

14. Ushkarenko V.O., Holoborodko S.P., Kokovikhin S.V. (2014). Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (irrigated agriculture)]. Kherson : Hrin D.S. [in Ukrainian].

15. Lisoval A.P. (2001). Metody ahrokhimichnykh doslidzhen [Methods of agrochemical research]. K.: Vyd-vo NAU. [in Ukrainian].

## ANNOTATION

### **FORMATION OF MAIZE PRODUCTIVITY DEPENDS ON OPTIMIZATION OF THE FERTILIZER SYSTEM**

*The general aspects of the system of corrective fertilization of corn for grain were evaluated and generalized against the background of the recommended basic mineral fertilizer. Generalizations about the use of different forms of nitrogen fertilizers in combination with microfertilizers on the effectiveness of realizing the adaptive potential of modern intensive maize hybrids were evaluated based on the analysis of literature data. The scheme of application of amide form of nitrogen in the form of 5% urea solution in the variant of foliar fertilization in combination with highly effective chelated microfertilizers for two phenological phases of 5-6 and 8-9 leaves in maize was developed.*

*It has been determined that the use of amide forms of nitrogen for foliar feeding of grain maize is more expedient and technologically efficient at earlier phenostage of its application starting from the phase of 5 true leaves, which guarantees a 14.8 % higher overall effect than the application of this form in the period of 8 true leaves of the crop. At the same time, the effect of microfertilizers on the stem height and the area of the plant's amplification surface had the opposite trend - greater increases in the resulting value of 3.8% compared to the control were obtained in the variant of chelated microfertilizers in the phase of 8 true leaves. In view of this, with the one-component application of chelated micronutrient fertilizers in foliar feeding, the regimen of their application should be shifted to the interval of phases 7-9 leaves.*

*It has been proved that the combined use of amide form of nitrogen and chelated micronutrient fertilizers in foliar application should be based on the established technological terms of urea application, which can significantly increase the positive effect of this combination in terms of both general growth processes and the structure of individual grain productivity of maize plants.*

*As a result, it was confirmed that the maximum level of productivity in maize is achieved by double application of the amide form of nitrogen during the growing season in the critical phases of 5-6 and 8-9 leaves in combination with chelated microfertilizers containing zinc and additional trace elements in the chelate groups, with an average increase over the two-year period of research to the control at the level of 0.82 t/ha (13.2% of the total increase over the control variant).*

**Key words:** corn, micronutrient fertilizers, amide forms of nitrogen, growth processes, yield.

**Table. 3. Fig. 2. Lit. 15.**

### **Інформація про авторів**

**Циганський В'ячеслав Іванович** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: tsiganskiyslava@gmail.com).

**Машенко Віталій Володимирович** – аспірант кафедри лісового та садово-паркового господарства ВНАУ (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, 0503575091).

**Tsyhanskyi Viacheslav** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production and Horticulture of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Soniachna Str. 3, Vinnytsia, e-mail: tsiganskiyslava@gmail.com).

**Mashenko Vitaly** – a graduate student of the Department of Forestry and Horticulture of VNAU (21008, Vinnytsia, 3 Sonyachna St., 0503575091).