

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАКРО- ТА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ПОЗАКОРЕНЕВОМУ ПІДЖИВЛЕННІ КУКУРУДЗИ

В. Г. Молдован, Ж. А. Молдован

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, с. Самчики, Хмельницький район, Хмельницька область, 31182, Україна

Актуальність. Кукурудза для оптимального розвитку та формування врожаю потребує з макроелементів не лише азот, фосфор та калій, але й сірку та магній, з мікроелементів – бор, марганець, мідь та цинк. Потреба в цих елементах невелика, однак вони вкрай необхідні для росту та розвитку рослин. **Мета досліджень.** Вивчення ефективності використання окремих макро- та мікроелементів для позакореневого підживлення кукурудзи, їх впливу на формування біометричних показників качана, елементів структури та урожайності зерна в умовах Західного Лісостепу. **Матеріали і методи.** У двофакторному досліді вивчали гібриди кукурудзи ранньостиглий ДН Атон та середньоранній ДН Астра; макроелементи (магній та сірка), мікроелементи (бор, марганець, мідь, цинк) у вигляді висококонцентрованих рідких добрив, які застосовувалися для позакореневого підживлення кукурудзи у фази 5–6 та 8–9 листків. **Результати.** Встановлено, що позакореневі підживлення макро- та мікроелементами позитивно впливали на формування біометричних показників качана та елементів структури врожаю. Зокрема, у ранньостиглого гібрида ДН Атон, маса зерна з одного качана збільшувалася у варіантах досліді на 1,7–12,2 %, маса 1000 зернин – на 2,6–7,8 %, вихід зерна з качана – на 0,5–2,2 % порівняно з контролем. У середньораннього гібрида ДН Астра ці показники зростили на 2,2–15,4 %, 2,4–11,3 % та 1,2–2,9 % відповідно. Варіювання кількості продуктивних качанів і показників структури врожаю за роками досліджень, безумовно, впливало й на формування урожайності зерна гібридів кукурудзи. У середньому за роки досліджень, урожайність зерна у ранньостиглого гібрида ДН Атон становила 9,00–9,40 т/га, у середньораннього гібрида ДН Астра – 9,11–9,88 т/га. Усі макро- та мікроелементи, що використовували в дослідженнях, забезпечили істотний приріст урожайності порівняно з контролем, а саме при вирощуванні гібридів ДН Атон – 0,29–0,72 т/га або 3,2–8,0 % і ДН Астра – 0,32–0,77 т/га або 3,5–8,4 %. **Висновки.** Застосування макро- та мікроелементів для позакореневого підживлення кукурудзи позитивно впливає на формування біометричних показників качана та елементів структури врожаю, сприяє збільшенню кількості продуктивних качанів і підвищенню урожайності зерна. Найбільше впливає на формування вищевказаних показників цинк. Найменш ефективним було застосування на посівах кукурудзи бору, магнію та марганцю.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, макроелементи, мікроелементи, підживлення, біометричні показники, елементи структури, урожайність

Вступ. У розвитку рослин кукурудзи (*Zea mays L.*) виділяють два важливі етапи (критичні фази) щодо забезпеченості їх макро- та мікроелементами: фази 3–5 та 7–8 листків. У початковий період (до утворення першого надземного вузла) кукурудза росте дуже повільно, її коренева система слабо-розвинена й неспроможна інтенсивно поглинати поживні речовини з ґрунту. Тому для стимулювання росту кореневої системи рослини кукурудзи важливо забезпечити марганцем, цинком і бором. У наступній критичній фазі кукурудзи (7–8 листків) рос-

лини ростуть інтенсивно. Поліпшення мінерального живлення у цей період збільшує озерненість качанів, підвищує якість зерна. У цій фазі теж зростає потреба в мікроелементах: цинку, марганці, борі, міді [1].

Без мікроелементів принципово неможливе повноцінне засвоєння основних добрив (азоту, фосфору та калію) рослинами. Нестача мікроелементів порушує обмін речовин та хід фізіологічних процесів у рослині. Мікроелементи сприяють синтезу в рослинах повного спектра ферментів, які дають змогу інтенсивніше використовувати енергію,

Інформація про авторів:

Молдован Віктор Григорович, канд. с.-г. наук, с. н. с., провідний науковий співробітник лаб. насінництва сільськогосподарських культур і сучасних технологій у рослинництві, e-mail:hdsgds@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3145-1686>

Молдован Жанна Андріївна, канд. с.-г. наук, с. н. с., директор, e-mail:moldovan.zh@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-1180-5969>

воду та мікроелементи. Тільки завдяки збалансованому застосуванню добрив, що містять мікроелементи, можна отримати максимальний урожай належної якості, який генетично закладений у насінні. Нестача мікроелементів у доступній формі в ґрунті призводить до зниження швидкості перебігу процесів, які відповідають за розвиток рослин. У кінцевому результаті це призводить до втрат урожаю, його класності та незадовільних органолептичних властивостей [2].

З огляду на те, що у більшості випадків у ґрунтових запасах доступних мікроелементів недостатньо, для забезпечення ними рослин у необхідних кількостях, або з певних причин вони малодоступні для корневих систем рослин, виникає потреба у додатковому їх внесенні. Найбільш ефективним є внесення мікроелементів шляхом позакорневих підживлень мікродобривами у формі хелатів [3].

Для позакореневого підживлення використовують рідкі добрива, асортимент яких щорічно зростає. Ефективність їх у технологіях вирощування сільськогосподарських культур досить висока незалежно від способу їх використання. Це обґрунтовано цілою низкою наукових досліджень та обумовлено тим, що приріст урожайності й покращання якості продукції значно вищі порівняно зі зростанням виробничих витрат на гектар посіву. Зокрема, використання мікродобрив для позакореневого підживлення кукурудзи в умовах Західного та Лівобережного Лісостепу сприяє більш інтенсивному росту та розвитку рослин, покращанню біометричних показників і елементів структури врожаю, підвищенню урожайності й показників рентабельності [4–7].

На темно-сірих опідзолених ґрунтах Лівобережного Лісостепу встановлена доцільність застосування комплексних мікродобрив для позакореневого підживлення кукурудзи у фазі 4 і 8 листків та виявлені закономірності зміни величини вмісту білка, крохмалю та жиру в зерні від внесених добрив [8].

У північній частині Степу України на чорноземах звичайних малогумусних застосування комплексних добрив на основі мікроелементів сприяло збільшенню площі листочень: вміст азоту, що легко гідролізується

та, озерненості качана та продуктивності рослин кукурудзи, але одночасно простежувалися й певні технологічні особливості щодо строків обприскування посівів. Обприскування рослин кукурудзи у фазі 6–8 листків зумовлювало збільшення висоти прикріплення нижнього качана, кількості качанів на 100 рослинах і урожайності зерна, однак вплив на рентабельність виробництва був незначним [9–11].

Застосування мікродобрив на зрошуваних темно-каштанових ґрунтах Півдня України позитивно впливало на ростові процеси, висоту прикріплення качана та площу асиміляційної поверхні за окремими фазами розвитку, тривалість міжфазних періодів і урожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості [12, 13].

Дослідження, що проводилися у різних ґрунтово-кліматичних зонах, передбачали вивчення комплексних рідких добрив, які містили декілька мікроелементів. Вченими проведені дослідження щодо ефективності дії окремих мікроелементів, зокрема, цинку. Застосування цинковмісних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно забезпечувало збільшення висоти рослин, площі листової поверхні, висоти прикріплення качана, елементів структури, урожайності та якості зерна [10, 11, 14–17].

Мета дослідження полягала у вивченні ефективності використання окремих макро- та мікроелементів у вигляді висококонцентрованих рідких добрив для позакореневого підживлення кукурудзи, їх впливу на формування біометричних показників качана, елементів структури та урожайності зерна в умовах Західного Лісостепу.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводилися на Хмельницькій ДСГДС ІКСГП НААН впродовж 2021–2023 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений середньосуглинковий, слабозмитий, малогумусний на лесоподібному суглинку бурувато-палевого забарвлення, має дрібногоріхову структуру. У вологому стані – в'язкий. Ґрунт достатньо насичений основами – 39,8–42,0 мг екв. на 100 г ґрунту, має гідролітичну кислотність 1,8–2,7 мг екв. на 100 г ґрунту. Вміст гумусу (за Тюрнімом) – 3,2 %. Формами поживних речовин середньозабезся – 14,4–16,6, фосфору рухомого – 11,0–

12,0, калію обмінного – 7,8–8,0 мг на 100 г ґрунту.

Технологія вирощування кукурудзи, окрім досліджуваних чинників, є загальноприйнятою для зони Західного Лісостепу. Після збирання попередника (соя) проводили лушення стерні на глибину 6–8 см і основний обробіток ґрунту (оранку) на 25–27 см. Весняний обробіток ґрунту розпочинався з боронування з подальшим проведенням двох культивувань: першої – на глибину 10–12 см, другої (передпосівної) – на глибину загортання насіння. Мінеральні добрива вносили під передпосівну культивування з розрахунку $N_{48}P_{48}K_{48}$. Сівба ранньостиглого гібрида ДН Атон та середньораннього ДН Астра проводилася в оптимальні для регіону строки – у третій декаді квітня із запланованою передзбиральною густиною стояння, відповідно, 90 та 85 тис. рослин/га сівалкою СУ–12. Підживлення рослин кукурудзи проводили у фази 5–6 та 8–9 листків згідно схеми досліду.

У дослідженнях використовували препарати вітчизняного виробництва, а саме висококонцентровані рідкі добрива: Хімік Бор: В – 150 г/л (у формі бор-етаноламіну), N – 50 г/л; Оракул хелат магнію – MgO – 82 г/л, N – 39 г/л, SO_3 – 165 г/л; Хімік Марганець: Mn – 60 г/л; Хімік Мідь – Cu – 65 г/л; Хімік Сірка – SO_3 – 200 г/л; N – 100 г/л; Хімік

Цинк – Zn – 85 г/л, N – 45 г/л, карбонові кислоти – 220 г/л.

Методи дослідження: польовий – для визначення реакції рослин кукурудзи на досліджувані чинники; морфологічний – одержання біометричних параметрів рослин; підрахунково-ваговий – встановлення параметрів показників структури та продуктивності рослин; математично-статистичний – з'ясування вірогідності результатів польових дослідів.

Результати дослідження. Науково обґрунтовано, що продуктивність гібридів кукурудзи забезпечується їх біологічними властивостями позитивно реагувати на погодні фактори, що складаються у зоні вирощування, та рівень мінерального живлення. У наших дослідженнях, за умов достатнього вологозабезпечення, період сівба – сходи у 2021 р. тривав 8–10 діб, у 2022 р. збільшився до 14–16 діб, відсутність опадів і продуктивної вологи в посівному шарі ґрунту зумовила його збільшення у 2023 р. до 14–20 діб. Однак, навіть за умови доброго вологозабезпечення, інтенсивний ріст і розвиток рослин кукурудзи на ранніх етапах у 2021 р. стримувався достатньо низькою температурою повітря та ґрунту, значними коливаннями їх мінімальних та максимальних показників (табл. 1).

Таблиця 1. Погодні умови вегетаційного періоду 2021–2023 рр.

Рік	Місяць						За вегетаційний період
	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
Середньодобова температура повітря, °С							
2021	15,8	22,0	25,2	20,7	13,8	7,9	17,6
2022	16,2	22,4	22,0	22,1	13,6	11,1	17,9
2023	17,2	20,6	22,4	23,9	19,0	11,8	19,2
Середнє за 1960-2020 рр.	13,6	18,4	19,3	18,6	13,4	7,4	15,1
Сумарна кількість опадів, мм							
2021	188,6	58,2	349,2	166,5	71,2	0,7	834,4
2022	55,4	63,1	93,2	153,2	206,8	79,1	650,8
2023	9,9	126,2	295,4	45,4	9,2	74,4	560,5
Середнє за 1960–2020 рр.	70,1	107,4	129,9	89,8	62,4	46,6	506,2
Гідротермічний коефіцієнт							
2021	3,84	0,88	4,48	2,59	2,72	0,28	2,46
2022	1,10	0,94	1,36	2,24	5,08	2,29	2,17
2023	0,19	2,04	4,25	0,61	0,16	2,00	1,55
Середнє за 1960–2020 рр.	1,61	1,93	2,16	1,58	1,56	2,03	1,81

Велика кількість опадів у липні та серпні 2021 і 2023 рр. сприяли не тільки наростанню вегетативної маси, а й формуванню качанів та наливу зерна. У 2022 р. інтенсивне наростання вегетативної маси, формування качанів відбувалися за підвищеної середньодобової температури повітря та значно меншої кількості опадів порівняно з середніми багаторічними даними.

Дозрівання зерна кукурудзи у роки проведення досліджень відбувалося за доволі різних гідротермічних умов. Зокрема, у 2021 р. воно стримувалося зниженням середньодобової температури повітря у вересні з 15,0 °С – у першій декаді до 10,0 °С – у третій декаді на фоні достатньо великої кількості опадів. У 2022 р. дозрівання кукурудзи відбувалося за досить великої кількості опадів у вересні й поступового зниження середньодобової температури повітря. Варто зазначити, що випадання дощів у вересні спостерігали впродовж 16 днів, а у період з 18 по 24 вересня – щоденно.

У 2023 р. склалися найбільш сприятливі умови для дозрівання зерна кукурудзи за усі роки досліджень. Майже повна відсутність опадів у вересні за значного підвищення середньодобової температури повітря (+ 5,6 °С до середнього багаторічного показника) значно пришвидшили дозрівання зерна кукурудзи й сприяли зниженню його вологості.

Найкращі умови для отримання сходів були у 2021 р., найгірші – у 2023 р. Гідротермічні умови у періоди росту і розвитку рослин кукурудзи, формування качанів, наливу зерна у роки проведення досліджень загалом були сприятливими з достатньою кількістю опадів, але нерівномірним їх розподілом та доволі високими показниками середньодобової температури повітря. Найкращі умови для дозрівання зерна кукурудзи склалися у 2023 р., найгіршими вони були у 2022 р. Вегетаційний період ранньостиглого гібрида ДН Атон склав у 2023 р. 120 днів, а середньораннього ДН Астра – 132 доби, тоді як у 2021 р. – 114 та 134 доби, а у 2022 р. – 128 та 137 днів відповідно.

Проведені у 2021–2023 рр. спостереження показали, що позакореневі підживлення макро- та мікроелементами впливали на формування біометричних показників качана й елементів структури врожаю гібридів

кукурудзи. Разом з тим, вони змінювалися й за роками досліджень. Зокрема, у ранньостиглого гібрида ДН Атон найменша довжина качана (16,5–17,5 см) сформована рослинами у 2022 р., тоді як найбільша (18,4–19,8 см) – у 2023 р. Кількість рядів зерен на качані зменшувалася з 16–18 у перші два роки досліджень до 14 – у 2023 р. Кількість зерен у ряду змінювалася з 39 до 43 – у 2021 р. та з 38 до 41 – у наступні два роки. Найбільшу масу зерна з качана (160,1–184,8 г) та масу 1000 зерен (301,0–316,3 г) отримали у 2023 р., найменшими ці показники були у 2021 р. – 133,0–146,0 г та 189,7–209,3 г. Показники виходу зерна з качана у 2021 та 2022 рр. становили, 80,0–82,9 % та 81,5–83,0 %, відповідно, тоді як у 2023 р. – збільшувалися до 83,7–85,8 %.

У середньораннього гібрида ДН Астра у 2021 р. довжина качана була найбільшою й становила 19,7–22,6 см, найменшою (17,2–18,5 см) – у 2022 р. У перші два роки досліджень на качані формувалося у середньому 14 рядів, тоді як на третій рік досліджень їх кількість зменшилася до 12 рядів. Найбільша кількість зерен у ряду формувалася у 2021 р. – 40–46 шт., тоді як у наступні роки вона зменшувалася до 37–40 та 36–42 шт. залежно від варіанта позакореневого підживлення. Найбільші показники маси зерна з одного качана (143,9–167,5 г) та маси 1000 зерен (310,0–340,6 г) отримали у 2023 р., тоді як найменшу масу зерна з качана (127,3–149,3 г) – у 2022 р., а найменшу масу 1000 зерен (234,6–260,9 г) – у 2021 р. Показники виходу зерна з качана найменшими були у 2022 р. – 79,3–81,5 %, найбільшими – 84,4–88,2 % – у 2023 р.

За результатами досліджень, у середньому за 3 роки, можемо стверджувати, що позакореневі підживлення мікроелементами у фази 5–6 та 8–9 листків сприяли збільшенню довжини качана у ранньостиглого гібрида ДН Атон на 0,3–1,1 см або 1,7–6,2 %, у середньораннього гібрида ДН Астра – на 0,5–2,0 см або 2,8–11,0 % порівняно з контролем (табл. 2).

Кількість рядів зерен на качані за позакореневого підживлення мікроелементами у ранньостиглого гібрида ДН Атон була величиною сталою, тоді як у середньораннього гібрида ДН Астра збільшувалася, порівняно з контролем, на 2 ряди. Кількість зерен у ряду

Таблиця 2. Біометричні показники качана та елементи структури врожаю, (2021–2023 рр.)

Позакореневе підживлення (В)	Довжина качана, см	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Маса зерна з качана, г	Вихід зерна з качана, %	Маса 1000 зерен, г
ДН Атон (А)						
Контроль (без підживлення)	17,6	16	38	144,6	81,7	238,2
Хімік бор, 1,5 л/га	17,9	16	39	147,1	82,2	244,5
Оракул хелат магнію, 2,0 л/га	17,9	16	39	150,4	82,6	246,8
Хімік марганець, 3,0 л/га	18,2	16	39	152,8	82,7	251,1
Хімік мідь, 1,0 л/га	18,2	16	40	156,1	83,1	253,2
Хімік сірка, 3,0 л/га	18,6	16	40	158,4	83,6	255,2
Хімік цинк, 1,5 л/га	18,7	16	42	162,3	83,9	256,9
ДН Астра						
Контроль (без підживлення)	18,1	12	38	137,4	81,4	268,0
Хімік бор, 1,5 л/га	18,1	14	39	140,4	82,6	274,5
Оракул хелат магнію, 2,0 л/га	18,6	14	39	144,0	83,0	277,5
Хімік марганець, 3,0 л/га	19,0	14	40	146,7	83,0	283,2
Хімік мідь, 1,0 л/га	19,1	14	40	151,7	83,5	288,6
Хімік сірка, 3,0 л/га	19,3	14	41	154,6	83,9	292,7
Хімік цинк, 1,5 л/га	20,1	14	43	158,6	84,3	298,2

становила у ранньостиглого гібрида ДН Атон 38–42 шт., у середньораннього гібрида ДН Астра – 38–43 шт. Збільшувалися, порівняно з контролем, й показники маси зерна з 1 качана та 1000 зерен. Зокрема, у ранньостиглого гібрида ДН Атон, маса зерна з 1 качана збільшувалася з 144,6 г – на контролі до 147,1–162,3 г – за позакореневого підживлення або на 1,7–12,2 %, маса 1000 зерен – з 238,2 г до 244,5–256,9 г або на 2,6–7,8 %.

У середньораннього гібрида ДН Астра позакореневе підживлення мікроелементами забезпечило збільшення маси зерна з 1 качана з 137,4 г на контролі до 140,4–158,6 г при підживленні або на 2,2–15,4 %. Маса 1000 зерен збільшувалася з 268,0 г до 274,5–298,2 г або на 2,4–11,3 %. Вихід зерна з качана при цьому збільшувався у ранньостиглого гібрида ДН Атон на 0,5–2,2 %, у середньораннього гібрида ДН Астра – на 1,2–2,9 % порівняно з контролем.

Таким чином, найбільшу кількість продуктивних качанів на 100 рослин, масу зерна з одного качана та 1000 зерен у обох гібридів кукурудзи серед мікроелементів забезпечує цинк за використання його для дворазового позакореневого підживлення посівів у вигляді рідкого висококонцентрованого добрива Хімік цинк. Зокрема, маса зерна з одного

качана збільшується, у середньому, у ранньостиглого гібрида Атон на 12,2 %, у середньораннього гібрида ДН Астра – на 15,4 %, маса 1000 зерен – на 7,8 та 11,3 %, вихід зерна з качана – на 2,2 та 2,9 % відповідно.

Зміна кількості продуктивних качанів і показників структури врожаю за роками досліджень, безумовно, впливало й на формування показників урожайності зерна гібридів кукурудзи. За результатами обліків і підрахунків найменшу урожайність зерна гібриди кукурудзи сформували у 2022 р., яка у ранньостиглого гібрида ДН Атон становила 8,76–9,46 т/га, у середньораннього гібрида ДН Астра – 8,65–9,39 т/га. Найвищу урожайність обидва гібриди кукурудзи сформували у 2023 р. – 9,37–10,08 т/га та 9,28–10,05 т/га відповідно залежно від варіанта позакореневого підживлення макро- та мікроелементами. Зазначимо, що за показниками урожайності зерна лише у 2021 р. ранньостиглий гібрид ДН Атон поступався середньоранньому гібриду ДН Астра. У наступні два роки досліджень ранньостиглий гібрид ДН Атон переважав за показниками урожайності середньоранній гібрид ДН Астра.

У середньому за роки досліджень урожайність зерна за позакореневого підживлення рослин ранньостиглого гібрида ДН

Атон становила 9,00–9,40 т/га, середньораннього гібрида ДН Астра – 9,11–9,88 т/га. Усі макро- та мікроелементи, що досліджувалися, забезпечили істотний приріст урожайності порівняно з контролем, а саме при піджив-

ленні рослин ранньостиглого гібрида ДН Атон – 0,29–0,72 т/га або 3,2–8,0 %, а середньораннього гібрида ДН Астра – 0,32–0,77 т/га або 3,5–8,4 % (табл. 3).

За результатами проведеної математичної

Таблиця 3. Урожайність зерна гібридів скоростиглих груп залежно від позакореневого підживлення макро- та мікроелементами

Позакоренеve підживлення (В)	Урожайність, т/га				+ до контролю, %
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Середнє	
ДН Атон (А)					
Контроль (без підживлення)	8,87	8,76	9,37	9,00	-
Хімік бор, 1,5 л/га	9,20	9,03	9,64	9,29	3,2
Оракул хелат магнію, 2,0 л/га	9,24	9,09	9,71	9,35	3,9
Хімік марганець, 3,0 л/га	9,29	9,13	9,74	9,39	4,3
Хімік мідь, 1,0 л/га	9,39	9,22	9,87	9,49	5,4
Хімік сірка, 3,0 л/га	9,47	9,33	9,96	9,58	6,4
Хімік цинк, 1,5 л/га	9,61	9,46	10,08	9,72	8,0
ДН Астра					
Контроль (без підживлення)	9,39	8,65	9,28	9,11	-
Хімік бор, 1,5 л/га	9,76	8,93	9,60	9,43	3,5
Оракул хелат магнію, 2,0 л/га	9,81	9,01	9,64	9,49	4,2
Хімік марганець, 3,0 л/га	9,86	9,04	9,66	9,52	4,5
Хімік мідь, 1,0 л/га	9,96	9,14	9,77	9,62	5,6
Хімік сірка, 3,0 л/га	10,07	9,23	9,88	9,73	6,8
Хімік цинк, 1,5 л/га	10,21	9,39	10,05	9,88	8,4
НІР ₀₅	2021 р.	А – 0,05		В – 0,10	АВ – 0,14
	2022 р.	А – 0,12		В – 0,17	АВ – 0,24
	2023 р.	А – 0,10		В – 0,15	АВ – 0,22

обробки встановлено, що у обох гібридів зростання урожайності, порівняно з контролем, між варіантами з використанням для позакореневого підживлення окремих макро- та мікроелементів (фактор В), а саме: магнію, бору та марганцю було у межах статистичної похибки.

Таким чином, серед макро- й мікроелементів, найменш ефективним виявилось застосування для позакореневого підживлення бору у вигляді рідкого висококонцентрованого добрива Хімік бор (1,5 л/га), де приріст урожайності зерна у ранньостиглого гібрида ДН Атон становив 0,29 т/га або 3,2 %, у середньораннього гібрида ДН Астра – 0,32 т/га або 3,5 %.

Найбільше зростання урожайності обидва досліджувані гібриди кукурудзи сформува-ли за використання для позакореневого підживлення мікроелемента цинку у вигляді рідкого висококонцентрованого добрива Хімік цинк (1,5 л/га) – 0,72 т/га або 8,0 % та 0,77 т/га або 8,4 % відповідно.

Висновки. Застосування у посівах кукурудзи для позакореневого підживлення у критичні фази розвитку макро- та мікроелементів позитивно впливає на біометричні показники качана та елементи структури врожаю, сприяє збільшенню кількості продуктивних качанів і підвищенню урожайності зерна. Найбільш ефективним для підвищення значень на формування вищевказаних показників є цинк. За використання цинку у вигляді рідкого висококонцентрованого добрива Хімік цинк для дворазового позакореневого підживлення рослин кукурудзи маса зерна з одного качана збільшувалася у ранньостиглого гібрида Атон на 12,2 %, у середньораннього гібрида ДН Астра – на 15,4 %, маса 1000 зерен – на 7,8 та 11,3 %, вихід зерна з качана – на 2,2 та 2,9 %, урожайність – на 0,72 т/га або 8,0 % та 0,77 т/га або 8,4 % відповідно. Найменш ефективним було застосування на посівах кукурудзи бору у вигляді рідкого висококонцентрованого добрива Хімік бор.

Використана література

1. Господаренко Г. М. Система застосування добрив: навч. посібник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2015. 332 с.
2. Шкатула Ю. М., Сторожук Ю. В. Вплив позакореневих підживлень на біоенергетичну продуктивність кукурудзи на зерно. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 26. С. 87–101. DOI:10.37128/2707-5826-2022-3-7.
3. Жуйков О. Г., Давиденко І. А. Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами – дієвий елемент технології чи «тренд». *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. № 136. Частина 1. С. 116–124. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.16>.
4. Іванишин О. С. Показники структури урожаю зерна кукурудзи залежно від гібриду, норми добрив та мікродобрива в умовах Лісостепу Західного. *Yung Scientist*. 2021. № 3 (91). С. 15–19. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-4>.
5. Ласло О. О., Олєпір Р. В. Вплив композицій регулятора росту Вимпел-2 та Оракул мультикомплекс на урожайність середньостиглих гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2022. Вип. № 124. С. 79–84. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.11>.
6. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив систем удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 52–58. doi: 10.31210/visnyk2021.02.06.
7. Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Пашак М. О. Економічна ефективність виробництва зерна кукурудзи за різних агротехнічних заходів вирощування. *Зернові культури*. 2022. Т. 6. № 1. С. 148–159. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0218>.
8. Крестьянінов Є. В., Єрмакова Л. М., Антал Т. В. Формування врожаю та якості зерна кукурудзи залежно від фону та позакореневого підживлення посівів в умовах Лівобережного Лісостепу. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Vol. 10. № 1. С. 18–26. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.018>.
9. Циков В. С., Дудка М. І., Шевченко О. М., Носов С. С. Ефективність застосування макро- і мікродобрив при вирощуванні кукурудзи. *Зернові культури*. 2017. № 1. Т. 1. С. 75–79.
10. Дудка М. І., Якунін О. П., Пустовий С. І. Агроетно-економічна ефективність вирощування зерна кукурудзи залежно від фону удобрення та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2020. Т. 4. № 2. С. 313–318. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0140>.
11. Дудка М. І., Якунін О. П., Ковтун О. В., Гладкий О. В. Формування врожайності зерна кукурудзи залежно від макро- і мікродобрив. *Зернові культури*. Т. 5. № 1. 2021. С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0157>.
12. Лавриненко Ю. О. Гож О. А. Ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи ФАО 180–430 за впливу регуляторів росту і мікродобрив в умовах зрошення на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 65. С. 128–131.
13. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О., Михаленко І. В., Хоменко Т. М. Біометричні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від обробки мікродобривами за умов зрошення. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15. № 1. С. 71–79. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.162486>.
14. Захарченко Е. А. Ефективність застосування цинку при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2019. Вип. 4 (38). С. 8–14. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.4.2>.
15. Паламарчук В. Д., Соломон А. М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні у кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 92. С. 82–94. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-08>.
16. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76. DOI:10.37128/2707-5826-2021-5.
17. Молдован Ж. А., Молдован В. Г. Ефективність використання цинку у позакореновому підживленні кукурудзи у Західному Лісостепу України. *Зернові культури*. 2023. Т. 7. № 1. С. 146–152. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0270>.

References

1. Gospodarenko, H. M. (2015). *Systema zastosuvannia dobriv. Navchalnyi posibnyk* [Fertilizer application system. Tutorial]. TOV "SIK HRUP UKRAINA [in Ukrainian].
2. Shcatula, Yu. M., Storozhuk, Yu. V. (2022). Influence of extra-root nutrition on bioenergetics productivity of corn grain. *Sil'ske gospodarstvo ta lisivnicztvo* [Agriculture and forestry], 26. 87–101. 10.37128/2707-5826-2022-3-7 [in Ukrainian].
3. Zhuikov, O. H., Davydenko, I. A. (2024). Foliar feeding of corn with microfertilizers – an effective element of technology or a “trend”? *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky* [Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences], 136 (1). 116–124. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.16> [in Ukrainian].
4. Ivanyshyn, A. (2021). Indicators of the maize yield structure depending on the hybrid, the rate of fertilizers and microfertilizers in the conditions of the Western Forest-steppe. *Yung Scientist*, 3 (91). 15–19. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-4> [in Ukrainian].
5. Laslo, O.O., Olepir R.V. (2022). The influence of mixtures of Vimpel-2 growth regulator and Oracle multi-complex on the yield of mid-season corn hybrids. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky* [Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences], 124. 79–84. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.11> [in Ukrainian].
6. Len, O. I., Totskyi, V. M., Hanhur, V. V. & Yeremko, L. S. (2021). The effect of fertilization system and primary soil tillage on the productivity of corn hybrids. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of

- Poltava State Agrarian Academy], 2. 52–58. doi: 10.31210/visnyk2021.02.06 [in Ukrainian].
7. Voloshchuk, I. S., Voloshchuk, O. P., Hlyva, V. V., Pashchak M. O. (2022). Economic efficiency of maize grain production under various agrotechnical measures of cultivation. *Zernovi kultury* [Grain crops], 6 (1). 148–159. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0218> [in Ukrainian].
 8. Krestianiniv, YE., Yermakova, L., Antal, T. (2019). Formation of corn grain yield and quality depending on micronutrients topdressing under conditions of left bank forest steppe. *Roslynnytstvo ta hruntoznavstvo* [Plant and Soil Science], 10 (2). 18–26. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.018> [in Ukrainian]
 9. Tsykov, V. S., Dudka, M. I., Shevchenko, O. M., Novosov, S. S. (2017). Efficiency of application of macrocells and microfertilizers in growing of corn. *Zernovi kultury* [Grain crops], 1 (1). 75–79. [in Ukrainian].
 10. Dudka, M. I., Yakunin, O. P., Pustovyi, S. I. (2020). Agro-economic efficiency of maize grain growing depending on the background of fertilization and foliar top dressing. *Zernovi kultury* [Grain crops], 4 (2). 313–318. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0140> [in Ukrainian].
 11. Dudka, M. I., Yakunin, O. P., Kovtun, O. V., Hladkyi, O.V. (2021). Maize grain yield formation depending on macro- and microfertilizers. *Zernovi kultury* [Grain crops], 5 (1). 37–42. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0157> [in Ukrainian].
 12. Lavrynenko, Yu. O., Hozh, O. A. (2016). Growth and development of corn hybrid plants FAO 180-430 under the influence of growth regulators and microfertilizers under irrigation conditions in the South of Summary Ukraine. *Zroshuvane zemlerobstvo* [Irrigated agriculture], 65. 128–131 [in Ukrainian].
 13. Marchenko, T. Yu., Lavrynenko, Yu. O., Mykhalenko, T. Yu., Khomenko, T. M. (2019). Biometric indices of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizer treatment under irrigation conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15 (1). 71–79. <https://doi.org/10.21498/2518-11017.15.1.2019.162486> [in Ukrainian].
 14. Zakharchenko, E. A. (2019). Effect of zinc application on the maize. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrar-noho universytetu. Seria «Ahronomiia ta biolohiia»* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series "Agronomy and Biology"], 4 (38). 8–14. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.4.2> [in Ukrainian].
 15. Palamarchuk, V. D., Solomon, A. M. (2021). Research of the corn assimilation surface formation depending on foliar feeding. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feeds and Feed Production], 92. 82–94 <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-08> [in Ukrainian].
 16. Palamarchuk, V. D., Demchuk, B. S. (2021). Role of root feeding in modern technology of cultivating grain corn. *Sil'ske gospodarstvo ta lisivnicztvo* [Agriculture and forestry], 20. 60–76. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-5 [in Ukrainian].
 17. Moldovan, V. H., Moldovan, Zh. A. (2023). Effectiveness of zinc in foliar feeding maize in the Western Forest Steppe of Ukraine. *Zernovi kultury* [Grain crops], 7 (1). 146–152. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0270> [in Ukrainian].

UDC 633.15: 631.81.095.337: 631.816.35

Moldovan V. H., Moldovan, Zh. A. Efficiency of macro- and microelements in foliar feeding of maize. Grain Crops. 2024. 8 (2). 289–296.

Khmelnytskyi State Agricultural Experimental Station of Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia of NAAS, Samchyky village, Khmelnytskyi district, Khmelnytskyi region, 31182, Ukraine

Topicality. For optimal development and yield formation, maize requires macronutrients, not only nitrogen, phosphorus and potassium, but also sulphur and magnesium, as well as microelements such as boron, manganese, copper and zinc. Even a small demand in these elements is essential for the plant growth and development. **Purpose.** Studying the effectiveness of the application of individual macro- and microelements for foliar feeding of maize, their effect on the formation of biometric parameters of the ear, yield attributes and grain yield in the Western Forest-Steppe of Ukraine. **Materials and Methods.** In a two-factor experiment, the impact of macronutrients (magnesium and sulphur) and microelements (boron, manganese, copper, zinc) in the form of highly concentrated liquid fertilisers used for foliar feeding in 5–6 and 8–9 leaf stages of maize for early-ripening hybrids DN Aton and mid-early hybrid DN Astra was studied. **Results.** It was established that foliar feeding with macro- and microelements had a positive effect on the formation of biometric parameters of the ear and yield attributes. In particular, in the early-ripening hybrid DN Aton, the grain weight per ear increased by 1.7–12.2 % , the 1000 grain weight – by 2.6–7.8 % , the grain yield per ear – by 0.5–2.2 % in the experimental variants compared to the control. These indicators increased by 2.2–15.4 % , 2.4–11.3 % and 1.2–2.9 % , respectively, in the mid-early hybrid DN Astra. Variation of the number of productive ears and yield attributes over the years of research definitely had an impact on the formation of grain yield of maize hybrids. Over the years of research, the average grain yield of the early-ripening hybrid DN Aton was 9.00–9.40 t/ha, and the mid-early hybrid DN Astra was 9.11–9.88 t/ha. All macro- and microelements used in the research provided a significant increase in grain yield compared to the control, namely DN Aton had an increase in yield of 0.29–0.72 t/ha or 3.2–8.0 % and DN Astra – 0.32–0.77 t/ha or 3.5–8.4 % . **Conclusions.** The macro- and microelements used for foliar feeding of maize have a positive effect on the formation of biometric parameters of the ear and yield attributes, as well as increase the number of productive ears and grain yield. Zinc has the greatest impact on the formation of the above indicators. Boron, magnesium and manganese were the least effective in maize crops.

Key words: maize, hybrid, macronutrients, micronutrients, feeding, biometric indicators, yield attributes, yield