УДК: 544.116:633.15):631.816.3
DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-10-19

ВМІСТ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ЗЕРНІ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

В. В. ЛЮБИЧ, *доктор сільськогосподарських наук*
О. В. СУТИК, *здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)*
Уманський національний університет

Встановлено, що вміст азоту в зерні кукурудзи зростав від застосування систем удобрення з азотною складовою. Вміст фосфору та калію мав різні тенденції залежно від сценарію застосування добрив. Вміст магнію та цинку від застосування основного мінерального добрива знижувався. Позакореневе підживлення препаратом Brexil Mix сприяє підвищенню їх вмісту за вирощування кукурудзи на азотних системах удобрення.

Ключові слова: *азот, фосфор, калій, магній, цинк, основне удобрення, позакореневе підживлення.*

Постановка проблеми. Мінеральне живлення рослин залежить від складного зв’язку між складом поживних речовин, також відомим як сигнатури поживних речовин рослин, генетикою та адаптацією до факторів навколишнього середовища [1, 2]. Розуміння цієї складної взаємодії між генотипом та середовищем є складним завданням через варіації складу ґрунту на різних рівнях, особливо тому, що певні поживні речовини, такі як деякі макроелементи, стають менш доступними в умовах високої кислотності, що може вплинути на врожайність [3, 4]. Такі дослідження є фундаментальними для розробки надійних маркерів дисбалансу поживних речовин та сигнатур [5]. Такі дослідження не тільки поглиблюють наше розуміння динаміки мінералів рослин, але й надають життєво важливу інформацію про оптимізацію здоров'я та продуктивності рослин за різних умов [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Діагностика тканин є перспективним способом оцінки мінерального статусу насіння перед його інтеграцією в агросистеми [7]. Таке профілювання може успішно вирішити проблему антагонізму між п'ятьма необхідними поживними речовинами: N, P, K, Ca та Mg, які добре поглинаються кукурудзою [8]. Рання діагностика насіння дозволяє комплексно оцінити фізіологічний та поживний стан рослини, і вона досліджувалася в кількох дослідницьких дисциплінах, включаючи екологію рослин, фізіологію рослин, функціональну генетику та агрономію [9]. Крім N, P, K, Ca і Mg, симплекс може включати інші мікроелементи, такі як залізо (Fe), цинк (Zn) та мідь (Cu) [10]. Інші вчені [11] обрали симплекс з одинадцяти макро- та мікроелементних іонів (N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B).

Важливість балансу макронутрієнтів та мікроелементів була підкреслена в різних дослідженнях, а пов’язані з врожайністю стандарти листового

підживлення були встановлені для фінікових пальм «Deglet Nour» на основі дев'яти поживних речовин (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn та Cu) та цукрової кукурудзи на основі N, P і K [12]. Також було досліджено харчовий баланс раціонів кормів для тварин, оскільки є докази прямого впливу мінерального складу корму на харчування та ріст тварин [13]. Отже, дослідження мінерального складу продукції рослин є необхідним.

Мета досліджень – визначення вмісту елементів живлення в зерні кукурудзи залежно від способів внесення добрив.

Методика досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського національного університету упродовж 2023–2025 рр. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліду триразове. Площа облікової ділянки 25 м^2. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під кукурудзу (гібрид ДКС 4014 (ФАО 310) (Байєр)) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N_{80}, N_{160}, $P_{60}K_{110}$, $N_{150}K_{80}$, $N_{150}P_{60}$, $N_{80}P_{30}K_{55}$, $N_{150}P_{60}K_{110}$. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивацію. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво. Добриво для позакореневого підживлення Brexil Mix (Valagro) застосовували у фазу ВВСН 15–16 і дворазово в фазах ВВСН 15–16 та ВВСН 30–31. Норма витрати робочого розчину 300 л/га.

Закладання польових дослідів, проведення спостережень і досліджень проводили у відповідності з рекомендаціями, методичними вказівками і довідниками останніх років. Агротехніка вирощування кукурудзи загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України. Вміст основних елементів живлення в рослинному матеріалі після мокрого озолення в сірчаній кислоті за МВВ 31-497058-019-2005. Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового двофакторного дисперсійного аналізу польового досліду. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення стандартних програм Excel (Microsoft, USA).

Результати досліджень. Вміст азоту значно залежав від застосування добрив з азотною складовою (табл. 1). Так, у середньому за три роки досліджень вміст азоту зростав від 1,12 до 1,37–1,43 % на азотних системах удобрення або на 22–28 %. За внесення повного мінерального добрива вміст азоту зростав до 1,41–1,51 % або на 26–35 % порівняно з контролем, або на 3–6 % порівняно з азотними системами удобрення.

Табл. 1. Вміст азоту в зерні кукурудзи залежно від способів застосування добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє
	2023	2024	2025	
Без позакореневого підживлення				
Без добрив (контроль)	1,23	1,05	1,08	1,12
N_{80}	1,52	1,42	1,18	1,37
N_{160}	1,55	1,50	1,23	1,43
$P_{60}K_{110}$	1,25	1,02	1,00	1,09
$N_{80}P_{30}K_{55}$	1,53	1,48	1,22	1,41
$N_{160}P_{60}K_{110}$	1,57	1,70	1,25	1,51
Brexil Mix 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	1,23	1,02	1,07	1,11
N_{80}	1,52	1,37	1,20	1,36
N_{160}	1,57	1,42	1,23	1,41
$P_{60}K_{110}$	1,23	1,00	1,03	1,09
$N_{80}P_{30}K_{55}$	1,53	1,42	1,23	1,39
$N_{160}P_{60}K_{110}$	1,55	1,63	1,25	1,48
Brexil Mix 1,5+1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	1,25	1,02	1,08	1,12
N_{80}	1,53	1,35	1,20	1,36
N_{160}	1,57	1,40	1,22	1,39
$P_{60}K_{110}$	1,23	1,02	1,05	1,10
$N_{80}P_{30}K_{55}$	1,55	1,43	1,22	1,40
$N_{160}P_{60}K_{110}$	1,57	1,65	1,23	1,48
$НІР_{05}$ *A*	*0,05*	*0,03*	*0,03*	–
$НІР_{05}$ *B*	*0,03*	*0,03*	*0,02*	–

Вирощування кукурудзи на фосфорно-калійній системі забезпечувало навіть зниження вмісту азоту в зерні до 1,09 % або на 3 % порівняно з ділянками без добрив. Вміст азоту в зерні кукурудзи значно змінювався залежно від року проведення досліджень. Так, на ділянках без добрив найвищий вміст азоту отримано в 2023 р., а в 2024–2025 рр. найменший – 1,05–1,08 %. Очевидно, що в 2023 р. склалися оптимальні умови для нітрифікацій них процесів у ґрунті, що позитивно вплинуло на накопичення азотних сполук у зерні. При цьому застосування азотних добрив більше знижувало негативний ефект у 2024 р. і менше в 2025 р., що свідчить про різний ступінь засвоєння азоту з добрив.

Різні сценарії застосування препарату Brexil Mix достовірно не впливало на вміст азоту в зерні кукурудзи. Очевидно, що за збільшення врожайності зерна вміст азоту знижувався завдяки ефекту «розчинення».

Іншою була тенденція впливу застосування добрив на вміст фосфору в зерні кукурудзи (табл. 2).

Табл. 2. Вміст фосфору в зерні кукурудзи залежно від способів застосування добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє
	2023	2024	2025	
Без позакореневого підживлення				
Без добрив (контроль)	0,19	0,24	0,18	0,20
N_{80}	0,19	0,23	0,18	0,20
N_{160}	0,18	0,22	0,23	0,21
$P_{60}K_{110}$	0,21	0,22	0,22	0,22
$N_{80}P_{30}K_{55}$	0,20	0,23	0,22	0,22
$N_{160}P_{60}K_{110}$	0,18	0,21	0,23	0,21
Brexil Mix 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	0,22	0,26	0,19	0,22
N_{80}	0,21	0,25	0,19	0,22
N_{160}	0,20	0,22	0,22	0,21
$P_{60}K_{110}$	0,22	0,25	0,23	0,23
$N_{80}P_{30}K_{55}$	0,21	0,25	0,23	0,23
$N_{160}P_{60}K_{110}$	0,20	0,22	0,23	0,22
Brexil Mix 1,5+1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	0,23	0,25	0,19	0,22
N_{80}	0,22	0,22	0,20	0,21
N_{160}	0,21	0,23	0,23	0,22
$P_{60}K_{110}$	0,24	0,25	0,24	0,24
$N_{80}P_{30}K_{55}$	0,22	0,25	0,22	0,23
$N_{160}P_{60}K_{110}$	0,22	0,22	0,23	0,22
$НІР_{05}$ *A*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	–
$НІР_{05}$ *B*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	–

У середньому за три роки проведення досліджень застосування добрив не впливало на вміст фосфору в зерні кукурудзи. Проте за роками була інша тенденція. Так, у 2023 і 2024 рр. внесення повного мінерального добрива достовірно підвищувало вміст фосфору в зерні, а в 2024 р. вміст фосфору знижувався від застосування добрив. За умови застосування препарату Brexil Mix 1,5 л/га вміст фосфору достовірно зростав порівняно з ділянками без позакореневого підживлення. При цьому тенденція впливу повного мінерального добрива зберігалась. Дворазове застосування препарату Brexil Mix достовірно не впливало на вміст фосфору в зерні кукурудзи.

Необхідно відзначити, що фосфорно-калійна система удобрення достовірно підвищувала вміст фосфору в зерні кукурудзи, тоді як азотні системи однозначного впливу не мали. Вміст фосфору при цьому або не змінювався, або знижувався, або зростав. Очевидно, що вміст фосфору, як і вміст решти елементів живлення, пов’язаний з рівнем урожаю зерна кукурудзи. За умови достатнього накопичення його, а потім реутилізації з вегетативної маси у зерно

вміст фосфору зростав. За умови порушення цього механізму вміст фосфору або не змінювався при достатньому накопиченню його з ґрунту, або знижувався при недостатньому накопиченню, або малої реутилізації з вегетативної маси.

Вміст калію в середньому за три роки проведення досліджень також мав тенденцію не змінюватись від застосування систем удобрення з азотною складовою (табл. 3).

Табл. 3. Вміст калію в зерні кукурудзи залежно від способів застосування добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє
	2023	2024	2025	
Без позакореневого підживлення				
Без добрив (контроль)	0,30	0,36	0,28	0,31
N_{80}	0,30	0,31	0,28	0,30
N_{160}	0,29	0,32	0,34	0,32
$P_{60}K_{110}$	0,32	0,35	0,34	0,34
$N_{80}P_{30}K_{55}$	0,31	0,34	0,33	0,33
$N_{160}P_{60}K_{110}$	0,29	0,33	0,32	0,31
Brexil Mix 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	0,33	0,38	0,30	0,34
N_{80}	0,31	0,42	0,31	0,35
N_{160}	0,33	0,46	0,37	0,39
$P_{60}K_{110}$	0,35	0,44	0,38	0,39
$N_{80}P_{30}K_{55}$	0,32	0,35	0,35	0,34
$N_{160}P_{60}K_{110}$	0,31	0,34	0,33	0,33
Brexil Mix 1,5+1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	0,34	0,44	0,32	0,37
N_{80}	0,32	0,42	0,32	0,35
N_{160}	0,32	0,43	0,35	0,37
$P_{60}K_{110}$	0,36	0,50	0,39	0,42
$N_{80}P_{30}K_{55}$	0,31	0,36	0,34	0,34
$N_{160}P_{60}K_{110}$	0,30	0,34	0,32	0,32
HIP_{05} *A*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	–
HIP_{05} *B*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	–

При цьому фосфорно-калійна система як у середньому, так і за роками досліджень достовірно підвищувала вміст калію в зерні кукурудзи. Проте по різному впливало удобрення впродовж років досліджень. На тлі без позакореневих підживлень у 2023 р. вміст калію не змінювався, в 2024 р. – знижувався, а в 2025 р. – зростав за внесення повного мінерального добрива порівняно з контролем. При цьому азотні системи удобрення достовірно знижували вміст калію в зерні.

Застосування препарату Brexil Mix 1,5 л/га в 2023 р. також не впливало на

вміст калію в зерні, а в 2024–2025 рр. вміст калію зростав на всіх системах удобрення. За дворазового оброблення посівів кукурудзи препаратом Brexil Mix вміст калію також змінювався подібно до одноразового підживлення. При цьому вміст калію більше зростав на системах без калійного удобрення.

Застосування різного сценарію удобрення кукурудзи також змінювало вміст магнію та цинку в зерні кукурудзи (табл. 3, табл. 4).

Табл. 4. Вміст магнію в зерні кукурудзи залежно від способів застосування добрив, %

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє
	2023	2024	2025	
Без позакореневого підживлення				
Без добрив (контроль)	1,11	1,21	1,13	1,15
N_{80}	1,10	1,10	1,11	1,10
N_{160}	1,08	1,12	1,10	1,10
$P_{60}K_{110}$	1,12	1,05	1,06	1,08
$N_{80}P_{30}K_{55}$	1,12	1,18	1,15	1,15
$N_{160}P_{60}K_{110}$	1,14	1,11	1,12	1,12
Brexil Mix 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	1,13	1,11	1,15	1,13
N_{80}	1,11	1,10	1,16	1,12
N_{160}	1,19	1,17	1,19	1,18
$P_{60}K_{110}$	1,11	1,03	1,10	1,08
$N_{80}P_{30}K_{55}$	1,09	1,10	1,14	1,11
$N_{160}P_{60}K_{110}$	1,10	1,10	1,12	1,11
Brexil Mix 1,5+1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	1,15	1,39	1,19	1,24
N_{80}	1,13	1,28	1,21	1,21
N_{160}	1,12	1,23	1,20	1,18
$P_{60}K_{110}$	1,14	1,25	1,19	1,19
$N_{80}P_{30}K_{55}$	1,10	1,15	1,18	1,14
$N_{160}P_{60}K_{110}$	1,08	1,16	1,15	1,13
$НІР_{05}$ *A*	*0,04*	*0,03*	*0,03*	–
$НІР_{05}$ *B*	*0,03*	*0,03*	*0,02*	–

При цьому чіткої тенденції впливу удобрення на вміст магнію також не встановлено. На тлі без позакореневого підживлення системи з повним мінеральним добривом достовірно підвищували вміст магнію в зерні в 2023 і 2025 рр., а в 2024 р. його вміст знижувався на всіх системах удобрення. Азотні та фосфорно-калійна система знижували вміст магнію в зерні. Застосування препарату Brexil Mix одноразово та дворазово достовірно підвищували вміст магнію в зерні за вирощування кукурудзи на азотних системах. При цьому фосфорно-калійна система та повне мінеральне добриво сприяли зниженню його

вмісту. Очевидно, що тут мають місце процеси синергізму та антагонізму. При цьому механізм ускладнюється рівнем і сукупною дією елементів живлення як у ґрунті, так і в рослинах.

Вміст цинку в зерні кукурудзи без позакореневих підживлень мав тенденцію до зниження незалежно від системи удобрення. Так, у середньому за три роки досліджень його вміст знижувався від 11,91 до 10,14–11,36 мг/кг або на 5–17 % (табл. 5).

Табл. 5. Вміст цинку в зерні кукурудзи залежно від способів застосування добрив, мг/кг

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє
	2023	2024	2025	
Без позакореневого підживлення				
Без добрив (контроль)	10,96	13,55	11,21	11,91
N_{80}	10,25	12,15	10,22	10,87
N_{160}	10,36	13,08	10,64	11,36
$P_{60}K_{110}$	9,89	10,73	9,79	10,14
$N_{80}P_{30}K_{55}$	10,12	12,38	10,55	11,02
$N_{160}P_{60}K_{110}$	10,03	11,71	10,21	10,65
Brexil Mix 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	12,11	14,24	12,67	13,01
N_{80}	12,64	16,63	13,41	14,23
N_{160}	13,22	13,17	12,36	12,92
$P_{60}K_{110}$	11,54	10,52	10,98	11,01
$N_{80}P_{30}K_{55}$	10,12	9,83	8,26	9,40
$N_{160}P_{60}K_{110}$	9,94	9,27	8,04	9,08
Brexil Mix 1,5+1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	12,64	13,42	12,97	13,01
N_{80}	13,71	18,04	13,78	15,18
N_{160}	13,96	12,68	13,21	13,28
$P_{60}K_{110}$	14,31	18,90	14,21	15,81
$N_{80}P_{30}K_{55}$	10,22	9,57	8,11	9,30
$N_{160}P_{60}K_{110}$	9,78	9,70	8,24	9,24
HIP_{05} *A*	*0,35*	*0,33*	*0,33*	–
HIP_{05} *B*	*0,33*	*0,33*	*0,32*	–

Застосування позакореневих підживлень препаратом Brexil Mix сприяло зростанню вмісту цинку лише за вирощування кукурудзи на азотних системах. Застосування повного мінерального добрива навпаки знижувало вміст цинку в зерні. За одноразового позакореневого підживлення вміст цинку знижувався на фосфорно-калійній системі, а за дворазового зростав.

Висновки. Встановлено, що вміст азоту в зерні кукурудзи зростав від застосування систем удобрення з азотною складовою. Вміст фосфору та калію

мав різні тенденції залежно від сценарію застосування добрив. Вміст магнію та цинку від застосування основного мінерального добрива знижувався. Позакореневе підживлення препаратом Brexil Mix сприяє підвищенню їх вмісту за вирощування кукурудзи на азотних системах удобрення.

Література:

1. Ismail N., Khiari L., Daoud R. Unveiling the Nutrient Signatures in Corn (*Zea mays* L.) Grains: A Pivotal Indicator of Yield Potential. *Agronomy*. 2025. Vol. 15. 597.
2. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.
3. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 544–553.
4. Williams A., Hunter M.C., Kammerer M., Kane D. A., Jordan N. R., Mortensen D. A., Smith R. G., Snapp S., Davis A. S. Soil Water Holding Capacity Mitigates Downside Risk and Volatility in US Rainfed Maize: Time to Invest in Soil Organic Matter? *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. e0160974.
5. Любич В. В. Розвиток бурої іржі та продуктивність тритикале озимого із застосуванням біофунгіциду на тлі різних доз азотних добрив. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 103. С. 53–69.
6. Любич В. В. Фізичні властивості зерна та білково-протеїназний комплекс тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 102. С. 142–154.
7. Bawa A. Yield and Growth Response of Maize (*Zea mays* L.) to Varietal and Nitrogen Application in the Guinea Savanna Agro-Ecology of Ghana. *Adv. Agric*. 2021. Vol. 2021. 1765251.
8. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 2. С. 109–116.
9. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.
10. Parent S.É., Parent L.E., Egozcue J.J., Rozane D.E., Hernandes A., Lapointe L., Hébert-Gentile V., Naess K., Marchand S., Lafond J., et al. The Plant Ionome Revisited by the Nutrient Balance Concept. *Front. Plant Sci*. 2013. Vol. 4. 39.
11. Jiang C., You Y., Lai X., Zhang Z., Gao W., Ma R., Yang X. Maximizing Food Equivalent Unit Yield for Forage Maize Production without Notably Compromising Dry Matter Yield and Feed Quality in a Semi-Arid Region. *Ind. Crops Prod*. 2024. Vol. 218. 118942.
12. Labaied M. B., Khiari L., Gallichand J., Kebede F., Kadri N., Ben Ammar N., Ben Hmida F., Mimoun M. Ben Nutrient Diagnosis Norms for Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Tunisian Oases. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. 886.

13. Sirisuntornlak N., Ullah H., Sonjaroon W., Arirob W., Anusontpornperm S., Datta A. Effect of Seed Priming with Silicon on Growth Yield and Nutrient Uptake of Maize under Water-Deficit Stress. *J. Plant Nutr*. 2021. Vol. 44. P. 1869–1885.

References:

1. Ismail, N., Khiari, L., Daoud, R. (2025). Unveiling the nutrient signatures in corn (*Zea mays* L.) grains: A pivotal indicator of yield potential. *Agronomy*, 15, 597.
2. Liubych, V. V., Ostapchuk, V. V. (2025). Formation of winter triticale productivity under different nitrogen fertilizer rates, foliar feeding and senication. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 106(1), 10–18. [in Ukrainian].
3. Liubych, V. V., Stratutsa, Ya. S. (2025). Yield and grain quality of winter triticale under different types and rates of fertilizers. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 106(1), 543–554. [in Ukrainian].
4. Williams, A., Hunter, M. C., Kammerer, M., Kane, D. A., Jordan, N. R., Mortensen, D. A., Smith, R. G., Snapp, S., Davis, A. S. (2016). Soil water holding capacity mitigates downside risk and volatility in US rainfed maize: Time to invest in soil organic matter? *PLoS ONE*, 11, e0160974.
5. Liubych, V. V. (2023). Development of brown rust and productivity of winter triticale with biofungicide application under different nitrogen fertilizer rates. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 103, 53–69. [in Ukrainian].
6. Liubych, V. V. (2023). Physical properties of grain and the protein-proteinase complex of spring triticale under different nitrogen fertilizer rates. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 102, 142–154. [in Ukrainian].
7. Bawa, A. (2021). Yield and growth response of maize (Zea mays L.) to varietal and nitrogen application in the Guinea Savanna agro-ecology of Ghana. *Advances in Agriculture*, 2021, 1765251.
8. Liubych, V. V. (2023). Technological parameters of spring triticale grain production under different nitrogen fertilizer rates. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 2, 109–116. [in Ukrainian].
9. Liubych, V. V., Stotskyi, O. V. (2025). Formation of oil content and oil yield of sunflower seeds under different technological practices. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 106(1), 126–133. [in Ukrainian].
10. Parent, S. É., Parent, L. E., Egozcue, J. J., Rozane, D. E., Hernandes, A., Lapointe, L., Hébert-Gentile, V., Naess, K., Marchand, S., Lafond, J., et al. (2013). The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. *Frontiers in Plant Science*, 4, 39.
11. Jiang, C., You, Y., Lai, X., Zhang, Z., Gao, W., Ma, R., Yang, X. (2024). Maximizing food equivalent unit yield for forage maize production without notably compromising dry matter yield and feed quality in a semi-arid region. *Industrial Crops and Products*, 218, 118942.
12. Labaied, M. B., Khiari, L., Gallichand, J., Kebede, F., Kadri, N., Ben Ammar, N., Ben Hmida, F., Mimoun, M. Ben (2020). Nutrient diagnosis norms for date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Tunisian oases. *Agronomy*, 10, 886.

13. Sirisuntornlak, N., Ullah, H., Sonjaroon, W., Arirob, W., Anusontpornperm, S., Datta, A. (2021). Effect of seed priming with silicon on growth, yield and nutrient uptake of maize under water-deficit stress. *Journal of Plant Nutrition*, 44, 1869–1885.

Annotation

Lyubych V. V., Sutik O. V.

Nutrient Content in Maize Grains Depending on Fertilizer Application Methods

Objective. *To determine the nutrient content in maize grains depending on the fertilizer application methods.*

Methods. *Laboratory, measurement, comparative, analytical, statistical.*

Results. *Nitrogen content significantly depended on the use of nitrogen-containing fertilizers. On average, over three years of research, nitrogen content increased from 1.12% to 1.37–1.43% in nitrogen fertilization systems, or by 22–28%. When applying a complete mineral fertilizer, nitrogen content increased to 1.41–1.51%, or by 26–35% compared to the control, and by 3–6% compared to the nitrogen systems. Growing maize under a phosphorus-potassium system even reduced nitrogen content in the grains to 1.09%, or by 3% compared to unfertilized plots. Potassium content, on average over three years, also tended not to change with nitrogen fertilization systems. At the same time, the phosphorus-potassium system significantly increased potassium content in maize grains both on average and across the years of research. However, the effect of fertilization varied over the years. Without foliar fertilization, in 2023, potassium content remained unchanged; in 2024, it decreased; and in 2025, it increased with complete mineral fertilizer compared to the control. Nitrogen fertilization systems significantly reduced potassium content in the grains. Foliar fertilization with Brexil Mix promoted zinc accumulation only when maize was grown under nitrogen fertilization systems. Conversely, complete mineral fertilization reduced zinc content. With single foliar fertilization, zinc content decreased under the phosphorus-potassium system, while double foliar application increased it.*

Conclusions. *Nitrogen content in maize grains increased with the application of nitrogen-containing fertilization systems. Phosphorus and potassium content showed different trends depending on the fertilization scenario. Magnesium and zinc content decreased with the use of basic mineral fertilizer. Foliar fertilization with Brexil Mix contributed to their increase when maize was grown under nitrogen fertilization systems.*

Key words: *nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, zinc, basic fertilization, foliar fertilization.*