

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ ВИДІВ І ДОЗ ДОБРИВ

В. В. СТОЦЬКИЙ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет садівництва

Урожайність та якість зерна кукурудзи достовірно змінюється залежно від видів і доз добрив, рівень прояву яких визначається погодними умовами. У Правобережному Лісостепу доцільно застосовувати $N_{80}P_{30}K_{55}$, що забезпечує формування 11,82–15,72 т/га зерна з вмістом крохмалю 70,7–72,1 %, його збір – 8,42–11,11 т/га, вмістом білка – 7,1–9,2 %, його збір – 0,84–1,45 т/га.

Ключові слова: системи удобрення, продуктивність, вміст білка, вміст крохмалю, вміст жиру.

Вступ. Кукурудза (*Zea mays* L.) є зерновою культурою, яка широко вирощується в усьому світі в різних агроекологічних середовищах [1]. Виробництво кукурудзи вимагає збалансування взаємодіючих факторів, пов'язаних із генотипом, навколишнім середовищем і практикою вирощування культур [2]. Оптимізація використання мінеральних добрив у системах виробництва кукурудзи є критично важливою для забезпечення прибутковості, продуктивності та екологічної стійкості [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Динамічне поглинання певних елементів живлення протягом вегетації та їх роль у формуванні окремих органів рослин є ключовим фактором у визначенні строків і способу внесення добрив [4]. Управління азотом та оцінка оптимальної норми мінеральних добрив є складними через численні взаємодії, які існують у динамічній системі ґрунт–рослина–атмосфера та невизначеність погоди [5].

Максимальна врожайність кукурудзи залежить від збалансованого живлення, причому азотне живлення є основною поживною речовиною, що обмежує врожайність кукурудзи та якість зерна [6]. Зміна ефективності використання азоту при високому введенні азоту в основному пов'язана зі зміною поглинання азоту, тоді як при низькому вмісті азоту можуть відігравати роль обидва компоненти ефективності удобрення, зокрема ефективність використання азоту, тобто врожайність зерна – поглинання азоту [7].

Значна взаємодія між ступенем дефіциту азоту та часом його застосування вказує на те, що не існує єдиного найкращого строку застосування азотних добрив [8]. Внесення азотних добрив (40% одночасно з сівбою та 60% у весняний період вегетації у фазу 8 листків) досягнуто найбільшої врожайності зерна кукурудзи порівняно із застосуванням одноразової дози навесні та в підживлення [9]. Ці автори дійшли висновку, що багаторазове застосування азоту є

оптимальним порівняно з одноразовим [10]. Інші вчені встановили, що осіннє внесення азотних добрив в окремі роки забезпечували формування на 20 % більшої врожайності порівняно з їх внесенням весною. Проте були роки, коли ефективність обох строків була однаковою [11].

Низка авторів підтверджує, що засвоєння та накопичення певних біогенних елементів у кукурудзі та інших видах рослин частково знаходиться під генетичним контролем, а варіації концентрації елементів у рослинах є основним критерієм визначення генетичної специфіки мінерального живлення [12]. В умовах дефіциту або зниження концентрації окремих елементів мінерального живлення різні генотипи виявляють різний ступінь пристосованості, з чого можна зробити висновок про ефективність засвоєння і використання рослинами елементів мінерального живлення значною мірою генетично контрольовані [13].

Багато авторів стверджують, що існує два шляхи підвищення ефективності використання поживних речовин, насамперед азоту в кукурудзі: більш адаптована система удобрення або сівба кращих гібридів [14]. Другий шлях підвищення продуктивності кукурудзи полягає у виборі генотипів, здатних поглинати більше поживних речовин (N, P і K) із ґрунту та добрив (краща ефективність поживних речовин) і краще використовувати їх для отримання вищих урожаїв зерна (краще використання поживних речовин) [15]. Розширені можливості для прийняття, накопичення, використання та/або повторного використання макро- та мікроелементів можуть стати основою для розробки програм селекції кукурудзи для продуктивності та якості зерна.

Мета статті – встановити формування врожайності та якості зерна кукурудзи за різних видів і доз 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 садівництва.

Рельєф дослідного поля Уманського НУС, де проводилися польові досліді, являє собою вирівняне, підвищене плато вододілу з пологими 2–3° схилами південно-східної та північно-західної експозицій. Підземні води залягають на глибині 22–24 м, тому вони не впливають на властивості і будову ґрунту. Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі.

За даними метеостанції Умань середньорічна кількість опадів становить 633 мм, але в окремі роки бувають значні відхилення від цієї величини. Цей регіон характеризується недостатнім зволоженням. Під час вегетації спостерігаються бездощові періоди. Інколи 2–3, а в окремі періоди 3–5 років у десятиліття посушливі. Розподіл опадів за періодами вегетації та інтенсивністю також нерівномірний. У теплий період (квітень–жовтень) випадає близько 70 % річної її кількості.

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 м².

Схема застосування добрив у польовій сівозміні включала такі варіанти (насиченість добривами 1 га площі сівозміни): без добрив (контроль), N₈₀, N₁₆₀, P₆₀K₁₁₀, N₁₆₀K₁₁₀, N₁₆₀P₆₀, N₈₀P₃₀K₅₅, N₁₆₀P₆₀K₁₁₀, N₁₆₀P₃₀K₅₅, N₁₆₀P₆₀K₅₅, N₁₆₀P₃₀K₁₁₀. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебеління) залишається на полі на добриво. Вирощували гібрид кукурудзи ДКС 4014 (ФАО 310) (Байер).

Урожайність зерна визначали поділянково. Показники якості зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007. Індекс стабільності визначали за такою формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найменший прояв ознаки;

LE – найбільший прояв ознаки.

Математичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу однофакторного польового досліду, використовуючи пакет стандартних програм Microsoft Excel 2022. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку використовували коефіцієнт детермінації за шкалою Чеддока: 0,1–0,3 – незначний зв'язок; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний.

Результати досліджень. Дослідження свідчать, що застосування всіх систем удобрення, що містить азотну складову достовірно збільшувала врожайність зерна кукурудзи (табл. 1). Так, у середньому за три роки досліджень урожайність збільшувалась від 10,36 до 14,73 т/га залежно від варіанту досліду. За внесення N₈₀ цей показник збільшувався до 13,53 т/га або на 31 % порівняно з ділянками без добрив. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив урожайність була 14,38 т/га або більше на 39 %. Необхідно відзначити, що врожайність при цьому була лише на 6 % більшою порівняно з внесенням N₈₀. За внесення половини від повного мінерального добрива збільшувало врожайність до 13,84 т/га або на 34 % порівняно з контролем. За внесення повного мінерального добрива вона збільшувалась до 14,73 т/га або на 42 %. Необхідно відзначити, що при цьому врожайність була лише на 2 % більшою порівняно з азотними системами.

Урожайність зерна кукурудзи за вирощування на азотно-калійній, азотно-фосфорній системі та з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив була на рівні варіанту з повним поверненням елементів живлення. Найменше на врожайність кукурудзи впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Як у середньому, так і за роки проведення досліджень урожайність збільшувалась недостовірно порівняно з варіантом без добрив.

Необхідно відзначити про низький індекс стабільності формування врожайності зерна кукурудзи. При цьому застосування систем з азотною складовою сприяли підвищенню формуванню врожайності зерна від 0,67 до 0,78. Не впливало на цей показник застосування фосфорних і калійних добрив.

Табл. 1. Формування врожайності зерна кукурудзи та її стабільності за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє	Індекс стабільності
	2022	2023	2024		
Без добрив	8,35	12,44	10,31	10,36	0,67
N ₈₀	11,51	15,38	13,70	13,53	0,75
N ₁₆₀	12,51	16,13	14,53	14,38	0,78
P ₆₀ K ₁₁₀	8,89	13,65	10,91	11,15	0,65
N ₁₆₀ K ₁₁₀	12,50	16,42	14,40	14,44	0,76
N ₁₆₀ P ₆₀	12,55	16,54	14,53	14,53	0,76
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	11,82	15,71	14,05	13,84	0,75
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	12,66	16,82	14,77	14,73	0,75
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	12,26	16,47	14,65	14,44	0,74
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	12,52	16,62	14,74	14,61	0,75
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	12,56	16,56	14,52	14,54	0,76
<i>НІР</i> ₀₅	0,63	0,77	0,69	–	–

При цьому необхідно відзначити, що в менш сприятливому 2022 р. рівень урожаю зерна був у межах 8,35–12,66 т/га. Тоді як, наприклад у пшениці твердої в менш сприятливих умовах рівень урожаю становив 3,99 т/га, а в сприятливіших лише 4,98 т/га [16].

Урожайність кукурудзи змінювалась залежно від року проведення досліджень. Так, найвищу врожайність отримано за вирощування кукурудзи у 2023 р. – 12,44–16,82 т/га, а найменшу в 2022 р. – 8,35–12,66 т/га залежно від удобрення. На величину врожаю кукурудзи впливала кількість опадів. Так, у 2022 р. в період активного формування вегетативної маси рослин випало лише 86,8 мм опадів, у 2024 р. – 116,2 мм, а в 2023 р. – 150,7 мм. Крім цього, в 2022 р. в травні була не оптимальна температура для росту рослин кукурудзи та опади в осінньо-зимовий період були меншими. При цьому ефективність застосування різних видів і доз добрив була майже однаковою за роками проведення досліджень.

У середньому за три роки натура зерна кукурудзи мала тенденцію до збільшення за вирощування на системах з азотною складовою (табл. 2). Так, за вирощування на ділянках без добрив натура зерна становила 732 г/л, а за внесення комбінацій добрив з азотною складовою – 738–750 г/л. При цьому фосфорно-калійна система не впливала на формування цього показника. Натура зерна була найвищою в 2023 р. – 766–779 г/л, у 2022 р. – 752–765, а в 2024 р. – 679–965 г/л. Проте вплив удобрення на цей показник був недостовірним.

У середньому за три роки досліджень вміст крохмалю в зерні кукурудзи знижувався від внесення добрив (табл. 3). Так, у варіанті без добрив його вміст становив 71,8 %, а за вирощування кукурудзи на системах, що містили азотну складову знижувався до 70,9–71,4 %.

Табл. 2. Формування натури зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, г/л

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє
	2022	2023	2024	
Без добрив	752	766	679	732
N ₈₀	755	769	690	738
N ₁₆₀	760	745	693	733
P ₆₀ K ₁₁₀	749	768	673	730
N ₁₆₀ K ₁₁₀	760	779	692	744
N ₁₆₀ P ₆₀	756	771	694	740
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	750	771	692	738
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	762	761	692	738
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	758	759	693	737
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	760	770	694	741
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	765	758	695	739
<i>HIP</i> ₀₅	38	37	31	–

Табл. 3. Формування вмісту крохмалю в зерні кукурудзи за різних видів і доз добрив, %

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє
	2022	2023	2024	
Без добрив	71,8	71,3	72,4	71,8
N ₈₀	71,2	70,9	72,1	71,4
N ₁₆₀	71,1	70,7	71,8	71,2
P ₆₀ K ₁₁₀	71,8	71,2	72,9	72,0
N ₁₆₀ K ₁₁₀	71,1	70,7	71,3	71,0
N ₁₆₀ P ₆₀	71,2	70,6	71,4	71,1
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	71,2	70,7	72,1	71,3
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	71,3	70,5	71,2	71,0
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	71,1	70,4	71,1	70,9
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	71,1	70,4	71,3	70,9
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	71,2	70,6	71,2	71,0
<i>HIP</i> ₀₅	3,6	3,1	3,5	–

Необхідно відзначити, що вміст крохмалю майже не змінювався від року проведення досліджень. Так, у 2022 і 2024 рр його вміст був у межах 71,1–72,4 %, а в 2023 р. – 70,4–71,3 %.

Найбільший збір крохмалю забезпечували системи удобрення з азотною складовою (табл. 4). Так, у середньому за три роки збір крохмалю збільшувався від 7,44 т/га на ділянках без добрив до 9,66 т/га за внесення N₈₀ і до 10,24 т/га за внесення N₁₆₀. У варіанті N₈₀P₃₀K₅₅ збір крохмалю збільшувався до 9,87 т/га або на 2 %, а за повного повернення основних елементів живлення – до 10,45 т/га, або на 2 % порівняно з азотними системами.

Табл. 4. Збір крохмалю з урожаю зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє
	2022	2023	2024	
Без добрив	6,00	8,87	7,46	7,44
N ₈₀	8,20	10,90	9,88	9,66
N ₁₆₀	8,89	11,40	10,41	10,24
P ₆₀ K ₁₁₀	6,38	9,72	7,95	8,02
N ₁₆₀ K ₁₁₀	8,89	11,61	10,27	10,25
N ₁₆₀ P ₆₀	8,94	11,68	10,35	10,32
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	8,42	11,11	10,09	9,87
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	9,03	11,86	10,47	10,45
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	8,72	11,59	10,38	10,23
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	8,90	11,70	10,48	10,36
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	8,94	11,69	10,32	10,32

Застосування удобрення значно впливало на формування вмісту білка в зерні кукурудзи (табл. 5).

Табл. 5. Формування вмісту білка в зерні кукурудзи за різних видів і доз добрив, %

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє
	2022	2023	2024	
Без добрив	5,6	7,6	6,2	6,5
N ₈₀	7,1	9,0	8,7	8,3
N ₁₆₀	7,2	9,4	9,1	8,6
P ₆₀ K ₁₁₀	5,5	7,7	6,3	6,5
N ₁₆₀ K ₁₁₀	7,3	9,1	9,2	8,5
N ₁₆₀ P ₆₀	7,3	9,2	9,2	8,6
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	7,1	9,2	8,8	8,4
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	7,5	9,7	10,3	9,2
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	7,4	9,8	10,2	9,1
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	7,5	9,7	10,1	9,1
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	7,3	9,8	10,3	9,1
<i>HIP₀₅</i>	0,4	0,5	0,7	–

Так, у середньому за три роки вміст білка зростав від 6,5 до 8,3 % за внесення N₈₀ і до 8,6 % у варіанті N₁₆₀. Застосування найбільшої дози азотних добрив з різним поверненням фосфорних і калійних добрив сприяло підвищенню вмісту білка до 9,1–9,2 %, що свідчить про синергізм між основними елементами живлення.

Вміст білка також змінювався залежно від року проведення досліджень. Так, у 2024 р. його вміст був найвищим – 8,7–10,3 %, у 2023 р. – 9,0–9,8 %, а в 2022 р.

– 7,1–7,5 %. Очевидно на цей показник впливала кількість опадів у період досягання зерна. Так, у 2024 р. за цей період випало лише 17,1 мм опадів, у 2023 р. – 12,4 мм, а в 2022 р. – 44,4 мм. Крім цього, в 2023 і 2024 рр. у цей період була вища температура повітря порівняно з 2022 р. При цьому ефективність систем удобрення також значно змінювалась. У 2024 р. вміст білка зростав на 66 %, у 2022 р. – на 34 %, а в 2023 р. – на 28 %.

У середньому за три роки збір білка з урожаю зерна кукурудзи збільшувався від 0,68 до 1,13 т/га за внесення 80 кг/га д. р. азотних добрив і до 1,25 т/га за внесення подвійної дози азотних добрив (табл. 6).

Табл. 6. Збір білка з урожаю зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє
	2022	2023	2024	
Без добрив	0,47	0,95	0,64	0,68
N ₈₀	0,82	1,38	1,19	1,13
N ₁₆₀	0,90	1,52	1,32	1,25
P ₆₀ K ₁₁₀	0,49	1,05	0,69	0,74
N ₁₆₀ K ₁₁₀	0,91	1,49	1,32	1,24
N ₁₆₀ P ₆₀	0,92	1,52	1,33	1,26
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	0,84	1,45	1,23	1,17
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	0,95	1,63	1,51	1,37
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	0,91	1,61	1,49	1,34
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	0,94	1,61	1,48	1,35
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	0,92	1,62	1,49	1,34

За вирощування кукурудзи у варіанті з поверненням половини основних елементів живлення збір білка збільшувався до 1,17 або на 72 %, а за внесення повного мінерального добрив – до 1,37 т/га, або в 2,0 рази порівняно з контролем. При цьому цей показник був лише на 4–10 % більшим порівняно з азотними системами удобрення. Збір білка за вирощування на азотно-фосфорних, азотно-калійних і з неповним поверненням фосфорних й калійних добрив був на рівні варіанту N₁₆₀P₆₀K₁₁₀.

Найменше на збір білка впливало застосування фосфорно-калійної системи удобрення. За такого сценарію вирощування збір білка збільшувався лише на 9 %. Необхідно відзначити, що збір білка змінювався залежно від року дослідження. Так, у 2023 р. він був найбільшим – 0,95–1,63 т/га, а найменшим у 2022 р. – 0,47–0,94 т/га залежно від варіанту досліду.

Вміст жиру, в середньому за три роки досліджень, був у межах 2,9–3,1 % залежно від варіанту досліду (табл. 7). При цьому не встановлено тенденції до зниження або підвищення цього показника. Вміст жиру в зерні кукурудзи мало змінювався за роки проведення досліджень. Так, у 2022 і 2023 рр. його вміст був 3,0–3,6 %, а в 2024 р. – 2,6–2,7 % залежно від системи удобрення.

Табл. 7. Формування вмісту жиру в зерні кукурудзи за різних видів і доз добрив, %

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє
	2022	2023	2024	
Без добрив	3,0	3,6	2,6	3,1
N ₈₀	3,0	3,5	2,6	3,0
N ₁₆₀	3,0	3,3	2,7	3,0
P ₆₀ K ₁₁₀	3,1	3,5	2,6	3,1
N ₁₆₀ K ₁₁₀	3,1	3,3	2,7	3,0
N ₁₆₀ P ₆₀	3,2	3,4	2,7	3,1
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	3,0	3,4	2,5	3,0
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	3,2	3,3	2,6	3,0
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	3,0	3,3	2,6	3,0
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	3,2	3,2	2,7	3,0
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	3,0	3,2	2,6	2,9
<i>HIP</i> ₀₅	0,1	0,1	0,1	–

Вирощування кукурудзи також може забезпечити збір жиру на рівні 0,32–0,45 т/га залежно від виду та доз добрив (табл. 8).

Табл. 8. Збір жиру з урожаю зерна кукурудзи за різних видів і доз добрив, т/га

Варіант	Рік проведення досліджень			Середнє
	2022	2023	2024	
Без добрив	0,25	0,45	0,27	0,32
N ₈₀	0,35	0,54	0,36	0,41
N ₁₆₀	0,38	0,53	0,39	0,43
P ₆₀ K ₁₁₀	0,28	0,48	0,28	0,35
N ₁₆₀ K ₁₁₀	0,39	0,54	0,39	0,44
N ₁₆₀ P ₆₀	0,40	0,56	0,39	0,45
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	0,35	0,53	0,35	0,41
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	0,41	0,56	0,38	0,45
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	0,37	0,54	0,38	0,43
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	0,40	0,53	0,40	0,44
N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	0,38	0,53	0,38	0,43

При цьому необхідно відзначити, що системи удобрення, крім фосфорно-калійної, забезпечували майже однаковий його збір – 0,41–0,45 т/га. Найбільший збір жиру отримано за вирощування кукурудзи у 2023 р. – 0,45–0,56 т/га, а найменший в 2022 р. – 0,25–0,41 т/га. У 2024 р. збір жиру був на рівні 0,32–0,45 т/га. При цьому тенденція впливу удобрення була подібною.

Результати проведених досліджень показали, що між вмістом крохмалю та вмістом білка в зерні кукурудзи існує обернений дуже високий кореляційний

зв'язок ($r=-0,91$) (рис. 1).

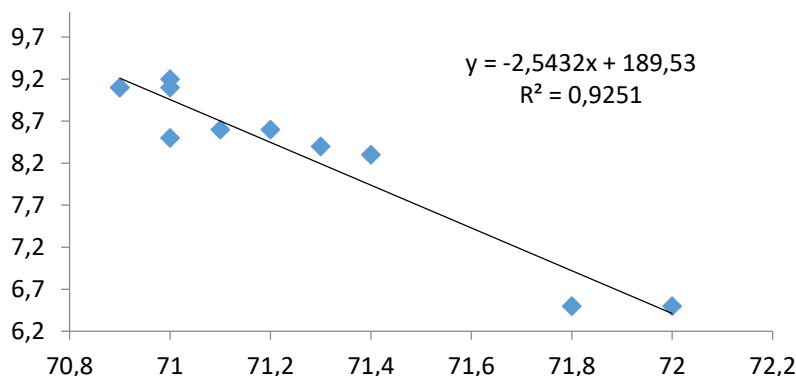


Рис. 1 Кореляційна залежність між вмістом білка та вмістом крохмалю в зерні кукурудзи

У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності:

$$y = -2,5432x + 189,53,$$

де y – вміст білка, %;

x – вміст крохмалю, %.

Висновки. Урожайність та якість зерна кукурудзи достовірно змінюється залежно від видів і доз добрив, рівень прояву яких визначається погодними умовами. У середньому за три роки досліджень урожайність збільшується від 10,36 до 14,73 т/га залежно від варіанту досліду. За внесення N_{80} цей показник збільшується до 13,53 т/га або на 31 % порівняно з ділянками без добрив. У варіанті з подвійною дозою азотних добрив урожайність становить 14,38 т/га або більше на 39 %. Необхідно відзначити, що врожайність при цьому лише на 6 % більшою порівняно з внесенням N_{80} . За внесення половини від повного мінерального добрива збільшує врожайність до 13,84 т/га або на 34 % порівняно з контролем. За внесення повного мінерального добрива вона збільшується до 14,73 т/га або на 42 %. Необхідно відзначити, що при цьому врожайність лише на 2 % більша порівняно з азотними системами.

Урожайність зерна кукурудзи за вирощування на азотно-калійній, азотно-фосфорній системі та з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив на рівні варіанту з повним поверненням елементів живлення.

Найменше на врожайність кукурудзи впливає застосування фосфорних і калійних добрив. Як у середньому, так і за роки проведення досліджень урожайність збільшується недостовірно порівняно з варіантом без добрив.

У середньому за три роки досліджень вміст крохмалю в зерні кукурудзи знижувався від внесення добрив. Так, у варіанті без добрив його вміст становить 71,8 %, а за вирощування кукурудзи на системах, що містять азотну складову знижується до 70,9–71,4 %.

Застосування удобрення значно впливає на формування вмісту білка в зерні кукурудзи. Так, у середньому за три роки вміст білка зростає від 6,5 до 8,3 % за внесення N_{80} і до 8,6 % у варіанті N_{160} . Застосування найбільшої дози азотних добрив з різним поверненням фосфорних і калійних добрив сприяє підвищенню

вмісту білка до 9,1–9,2 %, що свідчить про синергізм між основними елементами живлення.

У Правобережному Лісостепу доцільно застосовувати $N_{80}P_{30}K_{55}$, що забезпечує формування 11,82–15,72 т/га зерна з вмістом крохмалю 70,7–72,1 %, його збір – 8,42–11,11 т/га, вмістом білка – 7,1–9,2 %, його збір – 0,84–1,45 т/га.

Література:

1. Ranum P., Peña-Rosas J.P., Garcia-Casal M.N. Global maize production, utilization, and consumption. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2014. № 1312. P. 105–112.
2. Djalovic I., Seremesic S., Chen Y., Milosev D., Biberdzic M., Paunovic A. Yield and Nutritional Status of Different Maize Genotypes in Response to Rates and Splits of Mineral Fertilization. *Int. J. Agric. Biol.* 2020. Vol. 23. P. 1141–1148.
3. Xiao G., Zhao Z., Liang L., Meng F., Wu W., Guo Y. Improving nitrogen and water use efficiency in a wheat–maize rotation system in the North China Plain using optimized farming practices. *Agric. Water Manag.* 2019. Vol. 212. P. 172–180.
4. Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 168–178.
5. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
6. Tremblay N., Bouroubi Y., Bélec C., Mullen R., Kitchen N., Thomason W. Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather. *Agron. J.* 2012. Vol. 104. P. 1658–1671.
7. Любич В. В., Полянецька І. О. Оцінювання сортів пшениці твердої озимої за показниками росту та розвитку. *Агробіологія*. 2021. №1. С. 65–72.
8. Pasley H. R., Cairns J. E., Camberto J. J., Vyn T. J. Nitrogen fertilizer rate increases plant uptake and soil availability of essential nutrients in continuous maize production in Kenya and Zimbabwe. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 2019. Vol. 115. P. 373–389.
9. Djalovic I., Riaz M., Akhtar K., Bekavac G., Paunovic A., Pejanovic V., Zaheer S., Prasad P. V. V. Yield and Grain Quality of Divergent Maize Cultivars under Inorganic N Fertilizer Regimes and Zn Application Depend on Climatic Conditions in Calcareous Soil. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(11). 2705.
10. Randal G. W., Vetsch J. A., Hufman J. R. Nitrate losses in subsurface drainage from a corn–soybean rotation as affected by time of nitrogen application and use of nitrapyrin. *J. Environ. Qual.* 2003. Vol. 32. P. 1764–1772.
11. Barson G., Sopterean L., Suciul A., Crisan I., Duda M. M. Evaluation of Agronomic Performance of Maize (*Zea mays* L.) under a Fertilization Gradient in Transylvanian Plain. *Agriculture*. 2021. Vol. 11. P. 896.
12. Любич В. В., Невлад В. І., Мартинюк А. Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 152–159.
13. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 18–22.
14. Bertin P., Gallais A. Physiological and genetic basis of nitrogen use efficiency in maize. I. Agrophysiological results. *Maydica*. 2000. Vol. 45. P. 53–66.

15. Новак Ж. М., Полянецька І. О., Любич В. В. Порівняльна характеристика тетраплоїдних видів пшениці в Правобережному Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2022. Вип.100. С. 215–224.
16. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. №3. С. 18–24.

References:

1. Ranum, P., Peña-Rosas, J.P., Garcia-Casal, M.N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, no. 1312, pp. 105–112.
2. Djalovic, I., Seremesic, S., Chen, Y., Milosev, D., Biberdzic, M., Paunovic, A. (2020). Yield and Nutritional Status of Different Maize Genotypes in Response to Rates and Splits of Mineral Fertilization. *Int. J. Agric. Biol.*, no. 23, pp. 1141–1148.
3. Xiao, G., Zhao, Z., Liang, L., Meng, F., Wu, W., Guo, Y. (2019). Improving nitrogen and water use efficiency in a wheat–maize rotation system in the North China Plain using optimized farming practices. *Agric. Water Manag.*, no. 212, pp. 172–180.
4. Kolibabchuk, T.V., Kuzmenko, O.V., Zarva, O.I., Liubych, V.V. (2022). Yield and grain quality of soft winter wheat depending on the sowing rate. *Agrobiology*, no. 1. pp. 168–178. [in Ukrainian].
5. Liubych, V. V. (2017). Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors. *Visnyk agrarnoyi nauky Prychornomor'ya* [Ukrainian Black Sea region agrarian science], no. 95, pp. 46–161. [in Ukrainian].
6. Tremblay, N., Bouroubi, Y., Bélec, C., Mullen, R., Kitchen, N., Thomason, W. (2012). Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather. *Agron. J.*, no. 104, pp. 1658–1671.
7. Liubych, V. V., Polyanetska, I. O. (2021). Evaluation of durum winter wheat varieties according to growth and development indicators. *Agrobiology*, no. 1, pp. 65–72. [in Ukrainian].
8. Pasley, H. R., Cairns, J. E., Camberto, J. J., Vyn, T. J. (2019). Nitrogen fertilizer rate increases plant uptake and soil availability of essential nutrients in continuous maize production in Kenya and Zimbabwe. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, no. 115, pp. 373–389.
9. Djalovic, I., Riaz, M., Akhtar, K., Bekavac, G., Paunovic, A., Pejanovic, V., Zaheer, S., Prasad, P. V. V. (2022). Yield and Grain Quality of Divergent Maize Cultivars under Inorganic N Fertilizer Regimes and Zn Application Depend on Climatic Conditions in Calcareous Soil. *Agronomy*, no. 12(11), 2705.
10. Randal, G. W., Vetsch, J. A., Huffman, J. R. (2003). Nitrate losses in subsurface drainage from a corn–soybean rotation as affected by time of nitrogen application and use of nitrapyrin. *J. Environ. Qual.*, no. 32, pp. 1764–1772.
11. Barson, G., Sopterean, L., Suci, L.A., Crisan, I., Duda, M.M. (2021). Evaluation of Agronomic Performance of Maize (*Zea mays* L.) under a Fertilization Gradient in Transylvanian Plain. *Agriculture*, no. 11, 896.
12. Liubych, V. V., Nevlad, V. I., Martyniuk, A. T. (2022). Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers. *Agrobiology*, no. 1, pp. 152–159. [in Ukrainian].
13. Gospodarenko, G. M., Liubych, V. V., Burlyai, O. L., Prytulyak, R. M. (2022). Agrochemical properties of podzolized chernozem with different doses of nitrogen fertilizers and their combination with other types of mineral fertilizers. *Agrarian innovations*, no. 14, pp. 18–22. [in Ukrainian].
14. Bertin, P., Gallais, A. (2000). Physiological and genetic basis of nitrogen use

efficiency in maize. I. Agrophysiological results. *Maydica*, no. 45, pp. 53–66.

15. Novak, Zh. M., Polyanetska, I. O., Liubych, V. V. (2022). Comparative characteristics of tetraploid wheat species in the Right Bank Forest Steppe. *Collection of scientific works of the Uman National University of Horticulture*, no. 100, pp. 215–224. [in Ukrainian].

16. Liubych, V. V. (2017). The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines. *Bulletin of Poltava SAA*, no. 3, pp. 18–24. [in Ukrainian].

Annotation

Stotsky V. V.

Yield and quality of corn grain under different types and doses of fertilizers

The aim – to establish the formation of yield and quality of corn grain under different types and doses of fertilizers.

Methods. Field, measurement, calculation and comparative, analysis, statistical.

Results. On average, over three years of research, the yield increases from 10.36 to 14.73 t/ha depending on the experimental variant. With the application of N_{80} , this indicator increases to 13.53 t/ha or by 31 % compared to areas without fertilizers. In the variant with a double dose of nitrogen fertilizers, the yield is 14.38 t/ha or more by 39 %. It should be noted that the yield is only 6 % higher compared to the application of N_{80} . With the application of half of the full mineral fertilizer, the yield increases to 13.84 t/ha or by 34 % compared to the control. With the application of complete mineral fertilizer, it increases to 14.73 t/ha or by 42 %. It should be noted that the yield is only 2 % higher compared to nitrogen systems. The yield of corn grain when grown on a nitrogen-potassium, nitrogen-phosphorus system and with incomplete return of phosphorus and potassium fertilizers is at the level of the option with complete return of nutrients. The use of phosphorus and potassium fertilizers has the least effect on corn yield. Both on average and over the years of research, the yield increases insignificantly compared to the option without fertilizers. On average, over three years of research, the starch content in corn grain decreased due to fertilizer application. Thus, in the option without fertilizers, its content is 71.8 %, and when growing corn on systems containing a nitrogen component it decreases to 70.9–71.4 %. The use of fertilizer significantly affects the formation of protein content in corn grain. Thus, on average, over three years, the protein content increases from 6.5 to 8.3 % with the application of N_{80} and up to 8.6 % in the N_{160} variant. The use of the highest dose of nitrogen fertilizers with different returns of phosphorus and potassium fertilizers contributes to an increase in the protein content to 9.1–9.2 %, which indicates synergism between the main nutrients.

Conclusions. The yield and quality of corn grain significantly varies depending on the types and doses of fertilizers, the level of manifestation of which is determined by weather conditions. In the Right-Bank Forest-Steppe, it is advisable to use $N_{80}P_{30}K_{55}$, which ensures the formation of 11.82–15.72 t/ha of grain with a starch content of 70.7–72.1 %, its yield – 8.42–11.11 t/ha, protein content – 7.1–9.2 %, its yield – 0.84–1.45 t/ha.

Key words: fertilization systems, productivity, protein content, starch content, fat content.