

УДК 631.559+664.64.016:633.15]:631.816
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.3>

УРОЖАЙНІСТЬ І ВМІСТ БІЛКА В ЗЕРНІ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ УДОБРЕННЯ

Любич В. В. – д.с.-г.н.,
професор кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
orcid.org/0000-0003-4100-9063

Сутик О. В. – аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0008-1572-6329

Урожайність зерна кукурудзи найбільше збільшувалась від застосування повного мінерального добрива. Так, у середньому за три роки досліджень урожайність підвищувалась від 11,60 до 14,30–15,83 т/га без позакореневого підживлення або на 26–36 %. При цьому на фосфорно-калійній системі врожайність збільшувалась до 14,04 т/га або на 4 % порівняно з контролем. Застосування повного мінерального добрива збільшувало врожайність на 1–5 % порівняно з азотними системами удобрення.

Застосування препарату VreXil Mix одноразово та дворазово достовірно не збільшувало врожайності зерна кукурудзи. Так, урожайність збільшувалась до 11,75–16,10 т/га залежно від варіанту досліду або на 1–2 % порівняно з ділянками без позакореневого підживлення. При цьому описана тенденція зберігалась упродовж років проведення досліджень.

Урожайність змінювалась залежно від року проведення досліджень, так, у 2023 і 2025 рр. цей показник був найвищим – 12,21–16,44 т/га залежно від варіанту досліду. У 2024 р. врожайність була в межах 9,78–14,83 т/га. При цьому описана тенденція впливу удобрення на врожайність зерна була подібною.

Вміст білка в зерні найбільше зростав від застосування азотних добрив. Так, вміст білка зростав від 6,7 до 8,2–9,0 % за внесення повного мінерального добрива. При цьому на фосфорно-калійній системі вміст білка був на рівні 6,5 %. Вміст білка коливався за роки проведення досліджень. У 2024 р. цей показник змінювався від 6,3 до 10,2 %, у 2023 р. – від 7,4 до 9,4, а в 2025 р. – від 6,5 до 7,5 % залежно від варіанту досліду.

Необхідно відзначити, що позакореневі підживлення препаратом VreXil Mix не впливали на вміст білка в зерні кукурудзи упродовж усіх років досліджень.

Внесення повного мінерального добрива значно збільшувало збір білка з урожаєм зерна кукурудзи. Азотні системи удобрення забезпечували збільшення збору білка від 784 до 1180–1339 кг/га або на 50–71 %. Внесення повного мінерального добрива збільшувало збір білка до 1274–1423 кг/га або на 63–82 % порівняно з контролем, або на 6–8 % порівняно з азотними системами. Найменше на збір білка впливало застосування фосфорних і калійних добрив. Збір білка в 2023 і 2024 рр. був більшим порівняно з 2025 р. Застосування препарату VreXil Mix найменше впливало на збільшення збору білка.

Ключові слова: кукурудза, удобрення, урожайність, вміст білка, позакореневе підживлення.

Liubych V. V., Sutyk O. V. Yield and protein content in corn grain under different fertilization methods

The yield of corn grain increased the most from the use of complete mineral fertilizer. Thus, on average over three years of research, the yield increased from 11.60 to 14.30–15.83 t/ha without foliar feeding or by 26–36 %. At the same time, the yield in the phosphorus-potassium system increased to 14.04 t/ha or by 4 % compared to the control. The use of complete mineral fertilizer increased the yield by 1–5 % compared to nitrogen fertilization systems.



© Любич В. В., Сутик О. В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

The use of the drug Brexil Mix once and twice did not significantly increase the yield of corn grain. Thus, the yield increased to 11.75–16.10 t/ha depending on the experiment variant or by 1–2 % compared to areas without foliar feeding. At the same time, the described trend persisted throughout the years of research.

The yield varied depending on the year of research. Thus, in 2023 and 2025, this indicator was the highest – 12.21–16.44 t/ha, depending on the experiment variant. In 2024, the yield was within 9.78–14.83 t/ha. At the same time, the described trend of the effect of fertilizer on grain yield was similar.

The protein content in grain increased most from the application of nitrogen fertilizers. Thus, the protein content increased from 6.7 to 8.2–9.0 % with the application of complete mineral fertilizer. At the same time, the protein content in the phosphorus-potassium system was at the level of 6.5 %. The protein content fluctuated over the years of research. In 2024, this indicator varied from 6.3 to 10.2 %, in 2023 – from 7.4 to 9.4, and in 2025 – from 6.5 to 7.5 %, depending on the experimental variant.

It should be noted that foliar feeding with the Brexil Mix preparation did not affect the protein content in corn grain during all years of research.

The application of complete mineral fertilizer significantly increased the protein yield from the corn grain harvest. Nitrogen fertilization systems provided an increase in protein yield from 784 to 1180–1339 kg/ha or by 50–71 %. The application of complete mineral fertilizer increased protein yield to 1274–1423 kg/ha or by 63–82 % compared to the control, or by 6–8 % compared to nitrogen systems. The application of phosphorus and potassium fertilizers had the least effect on protein yield. Protein harvest in 2023 and 2024 was higher compared to 2025. The use of Brexil Mix had the least effect on increasing protein harvest.

Key words: corn, fertilizer, yield, protein content, foliar feeding.

Актуальність теми дослідження. Надмірне удобрення призводить до надлишку поживних речовин, зниження ефективності використання добрив і погіршення родючості та продуктивності ґрунту, що потенційно негативно впливає на якість врожаю [1]. Крім того, тривале внесення добрив часто призводить до підкислення ґрунту, зниження частки і вмісту органічного вуглецю в великих агрегатах ґрунту, збільшення викидів парникових газів і забруднення води, що створює зростаючі екологічні ризики [2]. Неправильне внесення добрив також може негативно вплинути на поживну якість сільськогосподарських культур, що відображається у зниженні концентрації білка та незбалансованому профілі амінокислот, що вимагає додавання до раціону [3].

Постановка проблеми. Хоча азотні добрива можуть підвищити врожайність, було показано, що надмірне внесення азоту перешкоджає накопиченню незамінних амінокислот у зерні [4]. Польові випробування на різних генотипах та в різних середовищах показали, що внесення фосфору суттєво не впливає на склад жирних кислот або вміст токоферолу в зернах кукурудзи [5]. Натомість було виявлено, що внесення калію знижує вміст білка, одночасно збільшуючи концентрацію олії в насінні сої [6].

Незбалансоване або надмірне внесення добрив може погіршити якість врожаю, тоді як відповідні стратегії удобрення можуть покращити поживну цінність кукурудзи [7]. Як вирішальний компонент у виробництві кукурудзи, хімічні добрива історично відігравали центральну роль у підвищенні врожайності. Однак, зростаючі негативні наслідки їх неправильного застосування більше не можна ігнорувати [8]. Оптимізація управління поживними речовинами для підтримки високої врожайності та одночасного покращення якості врожаю є важливою для досягнення високоякісного виробництва кукурудзи [9].

Хоча численні дослідження досліджували взаємозв'язок між удобренням і врожайністю та якістю кукурудзи, більшість з них базуються на окремих польових експериментах, які, як правило, відображають лише локалізовані закономірності та результати [10].

Враховуючи величезну протяжність основних районів виробництва кукурудзи існує значна мінливість природних умов. Таким чином, результатів випробувань в одному місці недостатньо для узагальнення ефектів удобрення в регіональному масштабі, а комплексні дослідження, що розглядають загальний взаємозв'язок між удобренням, врожайністю та якістю в цьому регіоні, залишаються обмеженими [11].

Було проведено численні дослідження щодо удобрення. Наприклад, вчені продемонстрували, що внесення азоту позитивно впливає на врожайність сільськогосподарських культур і потенціал глобального потепління, водночас збільшуючи викиди парникових газів [12]. Інші вчені [13] повідомили, що внесення азоту в кількості 215 кг/га було найефективнішим для підвищення як врожайності, так й ефективності використання води [14]. Однак, мало досліджень систематично оцінювали синергетичний ефект удобрення, а саме одночасне покращення як врожайності кукурудзи, так і якості зерна, в різних екологічних та управлінських умовах.

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 досліді триразове. Площа облікової ділянки 25 м². Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, рН_{KCl} – 5,7.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під кукурудзу (гібрид ДКС 4014 (ФАО 310) (Байер)) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N₈₀, N₁₆₀, P₆₀K₁₁₀, N₁₅₀K₈₀, N₁₅₀P₆₀, N₈₀P₃₀K₅₅, N₁₅₀P₆₀K₁₁₀. Відповідно до схеми досліді фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебеління) залишається на полі на добриво.

Добриво для позакореневого підживлення Vrexit 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. Урожайність зерна визначали методом прямого комбайнування з кожної ділянки окремо. Вміст білка в зерні визначали методом інфрачервоної спектроскопії за ДСТУ 4117:2007.

Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового двофакторного дисперсійного аналізу польового досліді. Оброблення даних також проводили за використання спеціалізованого програмного забезпечення стандартних програм Excel (Microsoft, USA).

Результати досліджень. Урожайність зерна кукурудзи найбільше збільшувалась від застосування повного мінерального добрива (табл. 1). Так, у середньому за три роки досліджень урожайність підвищувалась від 11,60 до 14,30–15,83 т/га без позакореневого підживлення або на 26–36 %. При цьому на фосфорно-калійній системі врожайність збільшувалась до 14,04 т/га або на 4 % порівняно

з контролем. Застосування повного мінерального добрива збільшувало врожайність на 1–5 % порівняно з азотними системами удобрення.

Урожайність змінювалась залежно від року проведення досліджень. Так, у 2023 і 2025 рр. цей показник був найвищим – 12,21–16,44 т/га залежно від варіанту досліду. У 2024 р. врожайність була в межах 9,78–14,83 т/га. При цьому описана тенденція впливу удобрення на врожайність зерна була подібною.

Таблиця 1

Урожайність зерна кукурудзи за різних способів удобрення, т/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки	
	2023	2024	2025		
Без позакореневого підживлення					
Без добрив (контроль)	12,21	9,78	12,81	11,60	
N ₈₀	15,31	13,45	14,14	14,30	
N ₁₆₀	16,02	14,67	16,30	15,66	
P ₆₀ K ₁₁₀	13,09	10,13	12,90	12,04	
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	15,81	14,11	15,21	15,04	
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	16,22	14,83	16,44	15,83	
Brexil Mix 1,5 л/га					
Без добрив (контроль)	12,32	9,99	12,93	11,75	
N ₈₀	15,51	13,74	14,31	14,52	
N ₁₆₀	16,23	15,01	16,51	15,92	
P ₆₀ K ₁₁₀	13,19	10,35	13,02	12,19	
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	16,04	14,41	15,41	15,29	
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	16,46	15,18	16,65	16,10	
Brexil Mix 1,5+1,5 л/га					
Без добрив (контроль)	12,32	10,00	12,92	11,75	
N ₈₀	15,51	13,74	14,32	14,52	
N ₁₆₀	16,22	15,02	16,52	15,92	
P ₆₀ K ₁₁₀	13,21	10,34	13,01	12,19	
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	16,03	14,41	15,42	15,29	
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	16,45	15,17	16,66	16,09	
HIP ₀₅	А	0,41	0,37	0,42	–
	В	0,22	0,19	0,23	–

Застосування препарату Brexil Mix одноразово та дворазово достовірно не збільшувало врожайності зерна кукурудзи. Так, урожайність збільшувалась до 11,75–16,10 т/га залежно від варіанту досліду або на 1–2 % порівняно з ділянками без позакореневого підживлення. При цьому описана тенденція зберігалась упродовж років проведення досліджень.

Вміст білка в зерні найбільше зростав від застосування азотних добрив (табл. 2). Так, вміст білка зростав від 6,7 до 8,2–9,0 % за внесення повного мінерального добрива. При цьому на фосфорно-калійній системі вміст білка був на рівні 6,5 %. Вміст білка коливався за роки проведення досліджень. У 2024 р. цей

показник змінювався від 6,3 до 10,2 %, у 2023 р. – від 7,4 до 9,4, а в 2025 р. – від 6,5 до 7,5 % залежно від варіанту досліджу.

Необхідно відзначити, що позакореневі підживлення препаратом VreXil Міх не впливали на вміст білка в зерні кукурудзи упродовж усіх років досліджень.

Таблиця 2

Вміст білка в зерні кукурудзи за різних способів удобрення, %

Варіант досліджу (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без позакореневого підживлення				
Без добрив (контроль)	7,4	6,3	6,5	6,7
N ₈₀	9,1	8,5	7,1	8,2
N ₁₆₀	9,3	9,0	7,4	8,6
P ₆₀ K ₁₁₀	7,5	6,1	6,0	6,5
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	9,2	8,9	7,3	8,5
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	9,4	10,2	7,5	9,0
Brexil Міх 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	7,4	6,1	6,4	6,6
N ₈₀	9,1	8,2	7,2	8,2
N ₁₆₀	9,4	8,5	7,4	8,4
P ₆₀ K ₁₁₀	7,4	6,0	6,2	6,5
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	9,2	8,5	7,4	8,4
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	9,3	9,8	7,5	8,9
Brexil Міх 1,5+1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	7,5	6,1	6,5	6,7
N ₈₀	9,2	8,1	7,2	8,2
N ₁₆₀	9,4	8,4	7,3	8,4
P ₆₀ K ₁₁₀	7,4	6,1	6,3	6,6
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	9,3	8,6	7,3	8,4
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	9,4	9,9	7,4	8,9
HIP ₀₅	А	0,3	0,2	0,3
	В	0,2	0,1	0,2

Внесення повного мінерального добрива значно збільшувало збір білка з урожаю зерна кукурудзи (табл. 3). Азотні системи удобрення забезпечували збільшення збору білка від 784 до 1180–1339 кг/га або на 50–71 %. Внесення повного мінерального добрива збільшувало збір білка до 1274–1423 кг/га або на 63–82 % порівняно з контролем, або на 6–8 % порівняно з азотними системами. Найменше на збір білка впливало застосування фосфорних і калійних добрив.

Збір білка в 2023 і 2024 рр. був більшим порівняно з 2025 р. Застосування препарату VreXil Міх найменше впливало на збільшення збору білка.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Урожайність зерна кукурудзи найбільше збільшувалась від застосування повного мінерального добрива. Так, у середньому за три роки досліджень урожайність підвищувалась від 11,60

Таблиця 3

Збір білка з урожаю зерна кукурудзи за різних способів удобрення, кг/га

Варіант досліду (чинник А)	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Без позакореневого підживлення				
Без добрив (контроль)	904	616	833	784
N ₈₀	1393	1143	1004	1180
N ₁₆₀	1490	1320	1206	1339
P ₆₀ K ₁₁₀	982	618	774	791
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	1455	1256	1110	1274
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	1525	1513	1233	1423
Brexil Mix 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	912	609	828	783
N ₈₀	1411	1127	1030	1189
N ₁₆₀	1526	1276	1222	1341
P ₆₀ K ₁₁₀	976	621	807	801
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	1476	1225	1140	1280
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	1531	1488	1249	1422
Brexil Mix 1,5 + 1,5 л/га				
Без добрив (контроль)	924	610	840	791
N ₈₀	1427	1113	1031	1190
N ₁₆₀	1525	1262	1206	1331
P ₆₀ K ₁₁₀	978	631	820	809
N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	1491	1239	1126	1285
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	1546	1502	1233	1427

до 14,30–15,83 т/га без позакореневого підживлення або на 26–36 %. При цьому на фосфорно-калійній системі врожайність збільшувалась до 14,04 т/га або на 4 % порівняно з контролем. Застосування повного мінерального добрива збільшувало врожайність на 1–5 % порівняно з азотними системами удобрення.

Застосування препарату Brexil Mix одноразово та дворазово достовірно не збільшувало врожайності зерна кукурудзи. Так, урожайність збільшувалась до 11,75–16,10 т/га залежно від варіанту досліду або на 1–2 % порівняно з ділянками без позакореневого підживлення. При цьому описана тенденція зберігалась упродовж років проведення досліджень.

Вміст білка в зерні найбільше зростав від застосування азотних добрив. Так, вміст білка зростав від 6,7 до 8,2–9,0 % за внесення повного мінерального добрива. При цьому на фосфорно-калійній системі вміст білка був на рівні 6,5 %. Вміст білка коливався за роки проведення досліджень. У 2024 р. цей показник змінювався від 6,3 до 10,2 %, у 2023 р. – від 7,4 до 9,4, а в 2025 р. – від 6,5 до 7,5 % залежно від варіанту досліду.

Необхідно відзначити, що позакореневі підживлення препаратом Brexil Mix не впливали на вміст білка в зерні кукурудзи упродовж усіх років досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Любич В. В. Формування продуктивності різних гібридів кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. С. 32–44.
2. Kushwah N., Billore V., Sharma O. P., Singh D., Chauhan A.P.S. Integrated Nutrient management for optimal plant health and crop yield. *Plant Sci. Archit.* 2024. Vol. 8. P. 10–12.
3. Любич В. В. Технологічні параметри формування якості зерна різних сортів пшениці м'якої озимої. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 162–178.
4. Любич В. В. Формування продуктивності пшениці м'якої озимої залежно від застосування регуляторів росту. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264385>
5. Zhang F., Shen J., Zhang J., Zuo Y., Li L., Chen X. Rhizosphere processes and management for improving nutrient use efficiency and crop productivity: Implications for China. *Adv. Agron.* 2010. Vol. 107. P. 1–32.
6. Shi T. S., Collins S. L., Yu K., Peñuelas J., Sardans J., Li H., Ye J. S. A global meta-analysis on the effects of organic and inorganic fertilization on grasslands and croplands. *Nat. Commun.* 2024. Vol. 15. 3411.
7. Young M. D., Ros G. H., de Vries W. Impacts of agronomic measures on crop soil and environmental indicators: A review and synthesis of meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2021. Vol. 319. 107551.
8. Любич В. В., Стратуца Я. С. Урожайність та якість зерна тритикале озимого за різних видів і доз добрив. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 554–553.
9. Wang Y., Wu P., Mei F., Ling Y., Qiao Y., Liu C., Leghari S. J., Guang X., Wang T. Does continuous straw returning keep China farmland soil organic carbon continued increase? A meta-analysis. *J. Environ. Manag.* 2021. Vol. 288. 112391.
10. Любич В. В., Моргун А. В. Агробіологічні параметри різних культиварів сорго пукрового за різних технологічних заходів. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 139. С. 127–134.
11. Li Y., Chen J., Drury C. F., Liebig M., Johnson J. M., Wang Z., Feng H., Abalos D. The role of conservation agriculture practices in mitigating N₂O emissions: A meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 2023. Vol. 43. 63.
12. 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.
13. Guo C., Liu X., He X. A global meta-analysis of crop yield and agricultural greenhouse gas emissions under nitrogen fertilizer application. *Sci. Total Environ.* 2022. Vol. 831. 154982.
14. Zhang L., Meng F., Zhang X., Gao Q., Yan L. Optimum management strategy for improving maize water productivity and partial factor productivity for nitrogen in China: A meta-analysis. *Agric. Water Manag.* 2024. Vol. 303. 109043.

Дата першого надходження статті до видання: 22.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026