

УДК 631.811: 633.85]:631.816.3
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.5>

ГОСПОДАРСЬКЕ ТА ВІДНОСНЕ ВИНЕСЕННЯ АЗОТУ З УРОЖАЄМ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

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

Стоцький О.В. – аспірант кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
orcid.org/0009-0007-0966-8305

Застосування добрив значно збільшує господарське винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику. Застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало господарське винесення азоту до 154,5 кг/га або на 8 %. У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник збільшувався до 195,8 кг/га або на 37 %. Господарське винесення азоту на азотно-калійній та азотно-фосфорній системі удобрення було на 4–7 % меншим порівняно з повним мінеральним добривом ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Підвищення частки азотної складової до 90–120 кг/га д. р. в складі повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення до 201,8–209,1 кг/га або на 3–7 % порівняно з внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$. За внесення $N_{90}P_{60}K_{90}$ господарське винесення азоту збільшувалось лише на 4 %.

Необхідно відзначити, що позакореневе підживлення рослин бором у різні фази росту соняшника збільшували господарське винесення азоту лише на 2–4 % порівняно з повним мінеральним добривом без підживлення.

Показник господарського винесення азоту значно змінювався залежно від погодних умов року проведення досліджень. Так, найбільшим він був у 2023 р. – 183,8–249,4 кг/га, найменшим у 2025 р. – 115,8–157,3, а в 2024 р. – 128,4–202,0 кг/га залежно від варіанту досліджу.

Результати досліджень свідчать, що відносне винесення азоту насінням соняшнику зростало від застосування добрив, особливо, азотного компоненту в складі повного мінерального добрива. При цьому мало змінювався цей показник від року проведення досліджень. На формування 1 т насіння соняшник виносив 41,4 кг/га азоту за вирощування його без добрив і фосфорно-калійній системі. За внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив цей показник зростав до 42,7–43,7 кг/т насіння.

Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від'ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–-125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшнику.

Ключові слова: господарське винесення, відносне винесення азоту, баланс азоту в ґрунті, врожайність, погодні умови.

Liubych V.V., Stotskyi O.V. Economic and relative nitrogen removal with sunflower seed yield depending on fertilizer

The use of fertilizers significantly increases the economic removal of nitrogen with sunflower seed yield. The use of phosphorus and potassium fertilizers increased the economic removal of nitrogen to 154.5 kg/ha or by 8 %. In the variant with complete mineral fertilizer, this indicator increased to 195.8 kg/ha or by 37 %. Economic removal of nitrogen in the nitrogen-potassium

and nitrogen-phosphorus fertilization systems was 4–7 % lower compared to complete mineral fertilizer (N60P60K60). Increasing the share of the nitrogen component to 90–120 kg/ha d. r. in the composition of complete mineral fertilizer increased the economic removal to 201.8–209.1 kg/ha or by 3–7 % compared to the application of N60P60K60. When applying N90P60K90, the economic removal of nitrogen increased by only 4 %.

It should be noted that foliar fertilization of plants with boron in different phases of sunflower growth increased the economic removal of nitrogen by only 2–4 % compared to complete mineral fertilizer without fertilizing.

The indicator of economic removal of nitrogen changed significantly depending on the weather conditions of the year of research. Thus, it was the highest in 2023 – 183.8–249.4 kg/ha, the lowest in 2025 – 115.8–157.3, and in 2024 – 128.4–202.0 kg/ha depending on the experiment variant.

The results of the research show that the relative removal of nitrogen by sunflower seeds increased from the use of fertilizers, especially the nitrogen component in the composition of complete mineral fertilizer. At the same time, this indicator changed little from the year of research. For the formation of 1 ton of seeds, sunflower removed 41.4 kg/ha of nitrogen when grown without fertilizers and in a phosphorus-potassium system. When applying 60–120 kg/ha of nitrogen fertilizers, this figure increased to 42.7–43.7 kg/t of seeds.

It was found that the economic removal of nitrogen with the seed yield varies significantly depending on the fertilizer and the year of the research, which must be taken into account when developing a fertilizer system. The least effect on the economic removal of nitrogen is the application of phosphorus and potassium fertilizers, as well as foliar boron. The negative balance of nitrogen in the soil indicates the safe use of even 120 kg/ha of nitrogen fertilizers, since the balance was at the level of -49.5–125.6 kg/ha depending on the year of the study. It is promising to conduct research on the effectiveness of the use of fertilizers of different sunflower hybrids.

Key words: economic removal, relative nitrogen removal, nitrogen balance in the soil, yield, weather conditions.

Актуальність теми дослідження. Азот має вирішальне значення для оптимальної врожайності сільськогосподарських культур і є ключовим елементом для росту рослин [1]. Глобальний рівень використання азотних добрив загалом низький, часто становить близько 40–53 % [2], що призводить до неефективності сільськогосподарської практики, де фермери часто застосовують надмірну кількість азотних добрив, що перевищує фактичні потреби росту культур [3].

Надмірне застосування азотних добрив збільшує сільськогосподарські витрати і спричиняє екологічні проблеми, про що повідомляється в усьому світі [4]. Крім того, надмірне застосування азотних добрив може сприяти збільшенню викидів парникових газів, таких як N_2O , який має високий потенціал глобального потепління [5]. Тому підвищення ефективності використання азотних добрив є життєво важливим для глобальної продовольчої безпеки, сталого економічного розвитку та пом'якшення екологічного впливу сільського господарства.

Постановка проблеми. Дослідження показали, що впровадження більш точних методів удобрення та вдосконалених агрономічних методів може значно підвищити ефективність використання азоту [6]. Наприклад, коригування стратегій удобрення, таке як зміна глибини удобрення, може збільшити ефективність використання азоту на 38 %, урожайність на 13 % і зменшити втрати азоту на 70 % порівняно з традиційними методами [7]. Зміна термінів удобрення може зменшити загальне надходження азоту на 15 % без втрати врожайності [8].

Добрива з контрольованим вивільненням діючої речовини регулюють швидкість вивільнення азоту за допомогою технологій покриття [9] та відповідності потребам культури в азоті [10]. Це покращує поглинання азоту, знижує концентрацію неорганічного азоту в ґрунті та зменшує втрати азоту [11]. Крім того, стратегії підвищення енергетичної ефективності врожаю включають вибір сортів сільськогосподарських культур, які ефективно використовують азот ґрунту та зменшують

втрата азоту [12]. Це має вирішальне значення для сталого розвитку сільського господарства.

Таким чином, для покращення екологічної ефективності використання азотних добрив важливо застосувати комплексний підхід до управління азотним удобренням та вибору сільськогосподарських культур [13]. Інтеграція цих методів може ефективно підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва та зменшити вплив на навколишнє середовище, сприяючи глобальній продовольчій безпеці й сталому розвитку.

Методика досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем $48^{\circ} 46'$ північної широти і $30^{\circ} 14'$ східної довготи на дослідному полі Уманського національного університету упродовж 2023–2025 рр. Повторення досліді 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, $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,7$.

Схема застосування добрив під соняшник (гібрид Неома (середньостиглий) (Syngenta AG), лінолевий тип) включала такі варіанти: Без добрив (контроль), $\text{P}_{60} \text{K}_{60}$, $\text{N}_{60} \text{K}_{60}$, $\text{N}_{60} \text{P}_{60}$, $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{60}$, $\text{N}_{90} \text{P}_{60} \text{K}_{60}$, $\text{N}_{120} \text{P}_{60} \text{K}_{60}$, $\text{N}_{90} \text{P}_{60} \text{K}_{90}$, $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{60} + \text{V}_{12-14}$, $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{60} + \text{V}_{53-55}$, $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{60} + \text{V}_{12-14} + \text{V}_{53-55}$. Відповідно до схеми досліді фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивуацію.

Борну кислоту для позакореневого підживлення застосовували у фазі ВВСН 12–14 і ВВСН53–55. 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 соняшнику загальноприйнята для умов Правобережного Лісостепу України.

Господарське винесення азоту обраховували за показниками вмісту азоту в насінні та врожайності. На основі цього визначали відносне винесення азоту та його баланс у ґрунті.

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

Результати досліджень. Дослідження свідчать, що застосування добрив значно збільшує господарське винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику (табл. 1). Застосування фосфорних і калійних добрив збільшувало господарське винесення азоту до $154,5 \text{ кг/га}$ або на 8% . У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник збільшувався до $195,8 \text{ кг/га}$ або на 37% . Господарське винесення азоту на азотно-калійній та азотно-фосфорній системі удобрення було на $4\text{--}7 \%$ меншим порівняно з повним мінеральним добривом ($\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{60}$). Підвищення частки азотної складової до $90\text{--}120 \text{ кг/га}$ д. р. в складі повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення до $201,8\text{--}209,1 \text{ кг/га}$ або на $3\text{--}7 \%$ порівняно з внесенням $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{60}$. За внесення $\text{N}_{90} \text{P}_{60} \text{K}_{90}$ господарське винесення азоту збільшувалось лише на 4% .

Необхідно відзначити, що позакореневе підживлення рослин бором у різні фази росту соняшника збільшувало господарське винесення азоту лише на $2\text{--}4 \%$ порівняно з повним мінеральним добривом без підживлення.

Таблиця 1

**Господарське винесення азоту з урожаю насіння соняшнику
залежно від удобрення, кг/га**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	183,8	128,4	115,8	142,7
$P_{60}K_{60}$	204,7	135,7	123,1	154,5
$N_{60}K_{60}$	217,9	179,7	153,0	183,5
$N_{60}P_{60}$	232,0	184,0	147,7	187,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	238,7	192,8	156,0	195,8
$N_{90}P_{60}K_{60}$	242,7	198,0	164,7	201,8
$N_{120}P_{60}K_{60}$	245,6	212,1	169,5	209,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	240,0	201,8	168,2	203,3
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	242,7	200,0	156,9	199,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	245,5	198,7	157,4	200,5
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	249,4	202,0	157,3	202,9

Показник господарського винесення азоту значно змінювався залежно від погодних умов року проведення досліджень. Так, найбільшим він був у 2023 р. – 183,8–249,4 кг/га, найменшим у 2025 р. – 115,8–157,3, а в 2024 р. – 128,4–202,0 кг/га залежно від варіанту досліджу.

Результати досліджень свідчать, що відносне винесення азоту насінням соняшнику зростало від застосування добрив, особливо, азотного компоненту в складі повного мінерального добрива (табл. 2). При цьому мало змінювався цей показник від року проведення досліджень. На формування 1 т насіння соняшник виносив 41,4 кг/га азоту за вирощування його без добрив і фосфорно-калійній системі. За внесення 60–120 кг/га д. р. азотних добрив цей показник зростав до 42,7–43,7 кг/т насіння.

Таблиця 2

**Відносне винесення азоту з урожаєм насіння соняшнику
залежно від удобрення, кг/т насіння**

Варіант досліджу	Рік дослідження			Середнє
	2023	2024	2025	
Без добрив (контроль)	41,3	40,9	42,1	41,4
$P_{60}K_{60}$	41,1	41,0	42,0	41,4
$N_{60}K_{60}$	42,9	41,6	43,1	42,5
$N_{60}P_{60}$	42,8	42,1	43,2	42,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	43,0	42,0	43,2	42,7
$N_{90}P_{60}K_{60}$	43,5	42,3	43,7	43,2
$N_{120}P_{60}K_{60}$	44,1	42,6	44,5	43,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	43,4	42,4	43,8	43,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	43,1	42,1	43,1	42,8
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	43,0	42,1	43,0	42,7
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	43,0	42,0	43,1	42,7

Від’ємний баланс азоту в ґрунті був у всіх варіантах дослідів незалежно від застосування добрив (табл. 3). Необхідно відзначити, що найбільший дефіцит отримано в 2023 р. завдяки високій врожайності насіння. Менший дефіцит азоту формувався в 2025 р. Від’ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–125,6 кг/га залежно від року дослідження.

Таблиця 3

**Баланс азоту в ґрунті за вирощування соняшнику
залежно від удобрення, кг/га**

Варіант дослідів	Рік дослідження		
	2023	2024	2025
Без добрив (контроль)	-183,8	-128,4	-115,8
$P_{60}K_{60}$	-204,7	-135,7	-123,1
$N_{60}K_{60}$	-157,9	-119,7	-93,0
$N_{60}P_{60}$	-172,0	-124,0	-87,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	-178,7	-132,8	-96,0
$N_{90}P_{60}K_{60}$	-152,7	-108,0	-74,7
$N_{120}P_{60}K_{60}$	-125,6	-92,1	-49,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$	-150,0	-111,8	-78,2
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14}$	-182,7	-140,0	-96,9
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{53-55}$	-185,5	-138,7	-97,4
$N_{60}P_{60}K_{60} + B_{12-14} + B_{53-55}$	-189,4	-142,0	-97,3

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що господарське винесення азоту з урожаєм насіння значно змінюється від удобрення та року проведення досліджень, що необхідно враховувати під час розроблення системи удобрення. Найменше на господарське винесення азоту впливає застосування фосфорних і калійних добрив, а також бору позакоренево. Від’ємний баланс азоту в ґрунті свідчить про безпечне застосування навіть 120 кг/га д. р. азотних добрив, оскільки баланс був на рівні -49,5–125,6 кг/га залежно від року дослідження. Перспективним є проведення досліджень щодо ефективності застосування добрив різних гібридів соняшнику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Chen G., Cai T., Wang J., Wang Y., Ren L., Wu P., et al. Suitable fertilizer application depth enhances the efficient utilization of key resources and improves crop productivity in rainfed farmland on the loess plateau, China. *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. doi: 10.3389/fpls.2022.900352
2. Любич В. В., Стоцький О. В. Формування вмісту та виходу олії з насіння соняшнику за різних технологічних заходів. *Збірник Уманського національного університету.* 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 126–133.
3. Любич В. В., Остапчук В. В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник Уманського національного університету.* 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 10–18.
4. Chen M., Graedel T. E. A half-century of global phosphorus flows, stocks, production, consumption, recycling, and environmental impacts. *Global Environ. Change.* 2016. Vol. 36. P. 139–152.

5. Любич В. В., Войтовська В. І. Технологічне оцінювання насіння сортів арахісу. *Вісник ЛТЕУ*. 2023. № 34. С. 40–45.
6. 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.
7. Wu X., Li J., Xue X., Wang R., Liu W., Yang B., et al. Matching fertilization with available soil water storage to tackle the trade-offs between high yield and low N₂O emissions in a semi-arid area: Mechanisms and solutions. *Agric. Water Manage.* 2023. Vol. 288. 108488.
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. Sim D. H. H., Tan I. A. W., Lim L. L. P., Hameed B. H. Encapsulated biochar-based sustained release fertilizer for precision agriculture: A review. *J. Cleaner Production*. 2021. Vol. 303. 127018.
10. lafer G. A., Savin R. Can N management affect the magnitude of yield loss due to heat waves in wheat and maize? *Curr. Opin. Plant Biol.* 2018. Vol. 45. P. 276–283.
11. Thorup-Kristensen K., Halberg N., Nicolaisen M., Olesen J. E., Crews T. E., Hinsinger P., et al. Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting. *Trends Plant Sci.* 2020. Vol. 25. P. 406–417.
12. Любич В. В. Фізичні властивості зерна та білково-протеїназний комплекс тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2023. Вип. 102. С. 142–154.
13. Wang X., Wang M., Chen L., Shutes B., Yan B., Zhang F., et al. Nitrogen migration and transformation in a saline-alkali paddy ecosystem with application of different nitrogen fertilizers. *Environ. Sci. pollut. Res. Int.* 2023. Vol. 30. P. 51665–51678.

Дата першого надходження рукопису до видання: 06.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025
