

ГОСПОДАРСЬКИЙ ВІНОС ПШЕНИЦЕЮ ТВЕРДОЮ ОЗИМОЮ І БАЛАНС ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

КАЛАНТИР В.О.

orcid.org/0000-0002-6768-0253

Уманський національний університет садівництва

Постановка проблеми. Формування високого врожаю сільськогосподарських культур і високої якості одержаної продукції забезпечується завдяки оптимальному живленню рослин упродовж вегетації [1, 2]. Проведенням агрохімічного аналізу ґрунту не завжди вдається оцінити забезпеченість рослин необхідними елементами живлення [3]. Точніші дані одержують за даними вмісту в них елементів живлення та співвідношення між ними, оскільки зміна цих показників для різних ґрунтово-кліматичних умов незначна [4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця тверда (*Triticum durum* Desf.) – вид, представлений лише на 8–10 % площі від загальних посівів пшениці. Незважаючи на невелику площу, пшениця тверда є економічно важливим видом через свої унікальні характеристики та кінцеву продукцію [6, 7].

В агротехнології пшениці важливою складовою є застосування добрив, особливо, азотних [8]. Адекватне глобальне постачання продовольства важко підтримувати без застосування добрив [9]. Впроваджуючи точне внесення азотних добрив, можливо підвищити ефективність удобрення і зменшити непотрібні витрати для виробників зерна [10]. У будь-якому випадку внесення азотних добрив має бути завжди добре збалансованим із вмістом фосфору та калію у ґрунті [11].

Застосування азотних добрив без урахування його балансу може негативно впливати на навколишнє природне середовище. Крім цього, буде знижуватись ефективність азотних добрив [12, 13].

Збалансоване застосування добрив є одним із найважливіших факторів підвищення врожайності сільськогосподарських культур [14]. Оптимальні дози азотних добрив для пшениці озимої значно змінюються залежно від ґрунтово-кліматичних і погодних умов [15]. Необхідно відзначити, що вчені роблять висновок про необхідність постійного встановлення ефективної дози азотних добрив. При цьому не проводять аналізування господарського винесення і балансу азоту в ґрунті за вирощування пшениці озимої.

Отже, в системі удобрення пшениці озимої застосування азотних добрив має вирішальне значення. Проте для визначення ефективного їх застосування необхідно проводити розрахунок господарського винесення елементів живлення. Визначення їх балансу в ґрунті дасть можливість простежити за використанням елементів живлення рослинами.

Мета. Визначити господарський винос і баланс основних елементів живлення пшеницею твердою озимою за тривалого застосування мінеральних добрив.

Матеріали та 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 НУС упродовж 2020–2022 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.

У варіанті досліді виробничого контролю (N₁₅₀P₆₀K₈₀) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліді складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під пшеницю тверду озиму (сорт Андромеда) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N₇₅, N₁₅₀, P₆₀K₈₀, N₁₅₀K₈₀, N₁₅₀P₆₀, N₇₅P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₈₀, N₁₅₀P₃₀K₄₀, N₁₅₀P₆₀K₄₀, N₁₅₀P₃₀K₈₀. Відповідно до схеми досліді фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво. Визначали господарське винесення азоту, фосфору та калію з урожаєм зерна та соломи. Після цього визначали їх баланс у ґрунті.

Результати досліджень. В агрохімічних розрахунках потребу рослин у елементах живлення зазвичай визначають з урахуванням їх господарського винесення. Це показник менший за біологічну потребу сільськогосподарських культур упродовж вегетаційного періоду, оскільки значна частина засвоєних елементів живлення повертається в ґрунт з опадами і кореневими виділеннями, накопичується в кореневій системі й післязбиральних рештках. При цьому вважають, що для формування запланованого врожаю внесенням добрив потрібно покрити господарське їх винесення товарною і нетоварною продукцією, а решту елементів живлення рослини візьмуть з ґрунту [16].

Дослідженнями встановлено, що господарське винесення елементів живлення пшеницею твердою озимого залежить від хімічного складу рослин, рівня врожаю та його структури (табл. 1).

Як видно з даних табл. 1, із урожаєм зерна виноситься значно більше азоту (84,6–135,0 кг/га), ніж фосфору й калію разом узятих – відповідно 26,4–41,5 і 19,5–28,5 кг/га. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, внесення азотних добрив підвищує винесення азоту зерном на 49 %, тоді як фосфору – на 32, а калію – на 28 %. При цьому застосування фосфорних добрив підвищувало винесення фосфору зерном на 22 %, а азоту й калію – на 8 %.

З урожаєм соломи пшениця озима виносить більше калію, порівняно з азотом і фосфором. За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) винесення азоту, фосфору й калію відповідно зросло порівняно з неудобреними ділянками відповідно на 72 %; 41 і 95 %. Це свідчить про те, що рослини пшениці твердої озимого ефективніше розподіляють фосфор між зерном і соломою, порівняно з азотом і калієм.

На господарське винесення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P_{30-60}) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K_{40-80}) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту дослідів. Азотні добрива сприяли також підвищенню господарського винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту дослідів.

Порівняно із вмістом у зерні й соломі, відношення $N : P_2O_5 : K_2O$ в господарському винесенні врожаєм

з ділянок без добрив становило 1 : 0,40 : 0,68, тоді як за внесення повного добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 1 : 0,37 : 0,76. Тобто на одиницю внесеного азоту витрачається менше фосфору, але більше калію. Це досить важливо з агрохімічного погляду, тому що економляться фосфорні добрива, а калій із соломою зазвичай повертається у ґрунт у вигляді добрив.

Проведені розрахунки показали, що солома пшениці твердої озимого є важливим джерелом у формуванні балансу елементів живлення у ґрунті (табл. 2). за її видалення з поля під час збирання врожаю в усіх варіантах дослідів складався від'ємний баланс основних елементів живлення, за виключенням фосфору у варіанті дослідів $P_{60}K_{80}$, де він був додатним (+ 6,6 кг/га P_2O_5).

За умови залишення соломи на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту був додатним – +15,0...28,4 кг/га залежно від варіанту дослідів. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті дослідів $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечувало внесення фосфорних добрив дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

Висновки. На господарське винесення азоту пшеницею твердою озимого найбільше впливає застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P_{30-60}) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K_{40-80}) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту дослідів. Азотні добрива сприяють також підвищенню винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту дослідів.

За умови залишення врожаю соломи пшениці твердої озимого на полі на добриво і внесення азот-

Таблиця 1

Господарське винесення основних елементів живлення пшеницею твердою озимого залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га

Варіант дослідів	Винесення зерном (над ризкою) і соломою (під ризкою)			Господарське винесення зерном і соломою		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без добрив (контроль)	84,6 30,1	26,4 19,1	19,5 58,6	114,7	45,5	78,1
N_{75}	110,8 38,7	31,2 23,4	22,7 73,0	149,5	54,6	95,7
N_{150}	121,6 46,9	33,1 25,0	23,3 80,8	168,5	58,1	104,1
$P_{60}K_{80}$	91,3 31,4	31,4 22,0	22,3 68,4	122,7	53,4	90,7
$N_{150}K_{80}$	124,8 46,6	33,9 23,3	26,4 100,2	171,4	57,2	126,6
$N_{150}P_{60}$	130,0 51,1	39,9 27,1	25,3 93,9	181,1	67,0	119,2
$N_{75}P_{30}K_{40}$	117,6 41,5	35,8 23,6	25,1 90,6	159,1	59,4	115,7
$N_{150}P_{60}K_{80}$	135,0 51,7	41,5 27,0	28,5 114,3	186,7	68,5	142,8
$N_{150}P_{30}K_{40}$	128,4 47,2	37,5 25,6	26,5 106,6	175,6	63,1	133,1
$N_{150}P_{60}K_{40}$	132,4 50,9	41,0 27,6	27,2 108,1	183,3	68,6	135,3
$N_{150}P_{30}K_{80}$	129,7 53,0	39,7 27,0	26,6 110,1	182,7	66,7	136,7

Таблиця 2

Баланс основних елементів живлення за вирощування пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га

Варіант досліду	Баланс за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	-114,7	-45,5	-78,1	-84,6	-26,4	-19,5
N ₇₅	-74,5	-54,6	-95,7	-35,8	-31,2	-22,7
N ₁₅₀	-18,5	-58,1	-104,1	28,4	-33,1	-23,3
P ₆₀ K ₈₀	-122,7	6,6	-10,7	-91,3	28,6	57,7
N ₁₅₀ K ₈₀	-21,4	-57,2	-46,6	25,2	-33,9	53,6
N ₁₅₀ P ₆₀	-31,1	-7,0	-119,2	20,0	20,1	-25,3
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-84,1	-29,4	-75,7	-42,6	-5,8	14,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-36,7	-8,5	-62,8	15,0	18,5	51,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-25,6	-33,1	-93,1	21,6	-7,5	13,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-33,3	-8,6	-95,3	17,6	19,0	12,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-32,7	-36,7	-30,1	20,3	-9,7	53,4

них добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту складається додатним – +15,0...28,4 кг/га залежно від варіанту досліду. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті досліду N₁₅₀P₆₀K₈₀ забезпечує внесення фосфорних добриву дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті N₁₅₀P₆₀K₄₀.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д. та ін. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: Рогальська І. О., 2015. 448 с.
2. Господаренко Г.М., Любич В.В. Динаміка вмісту азоту в рослинах сортів тритикале ярого залежно від норм і строків застосування азотних добрив. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. № 2. Режим доступу до журналу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hnmfa.pdf>.
3. Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2017. № 2. С. 35–41.
4. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ : Аграрна наука, 2015. 207 с.
5. Любич В. В., Полянецька І. О., Возіян В. В. Енергетична оцінка зерна пшениці спельти залежно від сорту. *Корми і кормовиробництво*. 2015. № 81. С. 116–120.
6. 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.
7. Gadaleta A., Lacolla G., Giove S.L., Fortunato S., Nigro D., Mastro M.A., De Corato U., Caranfa D., Cucci G., de Pinto M.C., et al. Durum Wheat Response to Organic and Mineral Fertilization with Application of Different Levels and Types of Phosphorus-Based Fertilizers. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(8). 1861.
8. Любич В. В., Новак Л. Л., Возіян В. В. Технологічні властивості зерна тритикале озимого залежно від норм азотних добрив. *Збірник Уманського НУС*. 2018. Вип. 92. С. 119–125.

9. Arregui L.M., Lasa B., Lafarga A., Iraneta I. Baroja, E., Quemada M. Evolution of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *Eur. J. Agronomy*. 2006. Vol. 24. P. 140–148.
10. Mahjourimajd S., Taylor J., Sznajder B., Timmins A., Shahinnia F., Rengel Z., Khabas-Saberi H., Kuchel H., Okamoto M., Langridge P. Genetic basis for Variation in Wheat Grain Yield in Response to Varying Nitrogen Application. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. e0159374.
11. Almaliev M., Kostadinova S., Panayotova G. Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. *Agric. For*. 2014. Vol. 60. P. 127–134.
12. Патица В. П., Карпенко В. П., Любич В. В. Азотовмісні сполуки у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 17–23.
13. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 74–82.
14. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. № 3. С. 18–24.
15. Любич В. В., Невлад В. І., Мартинюк А. Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 152–159.
16. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.

REFERENCES:

1. Kalenska S. M., Yermakova L. M., Palamarchuk V. D. et al. (2015). Systemy suchasnykh intensyvykh tekhnolohii u roslыnnystvi [Systems of modern intensive technologies in crop production]. Vinnytsia: Rogalska I. O., 448 p. [in Ukrainian].
2. Gospodarenko H. M., Lyubich V.V. (2010). *Dynamika vміstu azotu v roslыnakh sortiv trytykale yaroho zalezhno vid norm i strokiv zastosuvannia azotnykh dobryv* [Dynamics of nitrogen content in plants of spring triticale varieties depending on the norms and terms of application of nitrogen fertilizers]. Scientific reports of NUBiP, 2. Log access mode: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hnmfa.pdf>. [in Ukrainian].

3. Lyubich V. V. (2017). *Khlіbopekarski vlastyivosti zerna sortiv pshenytsi ozymoї zalezno vid vydiv, norm i strokiv zastosuvannia azotnykh dobryv* [Breadmaking properties of winter wheat varieties depending on species, norms and periods of application of nitrogen fertilizers]. Bulletin of the Dnipropetrovsk DAEU, 2, 35–41. [in Ukrainian].
 4. Zaryshnyak A. S., Tsvei Y. P., Ivanina V. V. (2015). Optymizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv: Agrarian Science, 207 p. [in Ukrainian].
 5. Lyubich V. V., Polyanetska I. O., Voziyan V. V. (2015). *Enerhetychna otsinka zerna pshenytsi spelty zalezno vid sortu* [Energy assessment of wheat and spelled grain depending on the variety]. Fodder and fodder production, 81, 116–120. [in Ukrainian].
 6. Liubych, V. V. (2017). Produktyvniyst sortiv i linii pshenyts zalezno vid abiotychnykh i biotychnykh chynnykiv [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. 146–161. [in Ukrainian].
 7. Gadaleta A., Lacolla G., Giove S.L., Fortunato S., Nigro D., Mastro M.A., De Corato U., Caranfa D., Cucci G., de Pinto M.C., et al. (2022). Durum Wheat Response to Organic and Mineral Fertilization with Application of Different Levels and Types of Phosphorus-Based Fertilizers. *Agronomy*, 12(8). 1861.
 8. Lyubich V.V., Novak L.L., Voziyan V.V. (2018). *Tekhnolohichni vlastyivosti zerna trytykale ozymoho zalezno vid norm azotnykh dobryv* [Technological properties of winter triticale grain depending on nitrogen fertilizer rates]. Collection of the Uman NUS, 92, 119–125. [in Ukrainian].
 9. Arregui L.M., Lasa B., Lafarga A., Iraneta I. Baroja, E., Quemada M. (2006). Evolution of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *Eur. J. Agronomy*, 24, 140–148.
 10. Mahjourimajid S., Taylor J., Sznajder B., Timmins A., Shahinnia F., Rengel Z., Khabas-Saberi H., Kuchel H., Okamoto M., Langridge P. (2016). Genetic basis for Variation in Wheat Grain Yield in Response to Varying Nitrogen Application. *PLoS ONE*, 11, e0159374.
 11. Almaliev M., Kostadinova S., Panayotova G. (2014). Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. *Agric. For.*, 60, 127–134.
 12. Patyka V.P., Karpenko V.P., Lyubich V.V. (2018). *Azotovmisni spoluky u zerni riznykh sortiv i linii pshenytsi spelty* [Nitrogen-containing compounds in the grain of different varieties and lines of spelled wheat]. *Herald of Agrarian Science*, 8, 17–23. [in Ukrainian].
 13. Lyubich V. V. (2023). *Tekhnolohichni parametry vyrobnytstva zerna trytykale yaroהo, vyroshchenoho za riznykh doz azotnykh dobryv* [Technological parameters of spring triticale grain production grown under different doses of nitrogen fertilizers]. Bulletin of the Uman State University, no. 2, pp. 74–82. [in Ukrainian].
 14. Liubych V. V. (2017). *Vplyv abiotychnykh ta biotychnykh chynnykiv na produktyvnist sortiv i linii pshenytsi spelty* [The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines]. *Visnyk Poltavskoyi DAA* [Bulletin of Poltava SAA], no. 3, pp. 18–24. [in Ukrainian].
 15. Lyubich V.V., Nevlad V.I., Martyniuk A.T. (2022). *Produktivniyst trytykale yaroהo za riznykh doz azotnykh dobryv* [Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers]. *Agrobiologia*, no. 1, pp. 152–159. [in Ukrainian].
 16. Gospodarenko G. M. (2022). *Systema zastosuvannia dobryv* [Fertilizer application system]. Kyiv: "TROPEA" LLC, 376 p. [in Ukrainian].
- Калантир В.О. Господарський винос і баланс основних елементів живлення пшеницею твердою озимою за тривалого застосування мінеральних добрив**
- Мета.** Визначити господарський винос і баланс основних елементів живлення пшеницею твердою озимою за тривалого застосування мінеральних добрив.
- Методи.** Польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний, аналізування, статистичний.
- Результати.** із урожаєм зерна виноситься значно більше азоту (84,6–135,0 кг/га), ніж фосфору й калію разом узятих – відповідно 26,4–41,5 і 19,5–28,5 кг/га. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, внесення азотних добрив підвищує виносення азоту зерном на 49 %, тоді як фосфору – на 32, а калію – на 28 %. При цьому застосування фосфорних добрив підвищувало виносення фосфору зерном на 22 %, а азоту й калію – на 8 %. З урожаєм соломи пшениця озима виноситься більше калію, порівняно з азотом і фосфором. За внесення повного мінерального добрива (варіант N₁₅₀P₆₀K₈₀) виносення азоту, фосфору й калію відповідно зростало порівняно з неудобреними ділянками відповідно на 72 %, 41 і 95 %. Це свідчить про те, що рослини пшениці твердої озимої ефективніше розподіляють фосфор між зерном і соломом, порівняно з азотом і калієм. На господарське виносення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P₃₀₋₆₀) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K₄₀₋₈₀) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту дослідів. Азотні добрива сприяли також підвищенню господарського виносення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту дослідів. Проведені розрахунки показали, що солома пшениці твердої озимої є важливим джерелом у формуванні балансу елементів живлення у ґрунті. за її видалення з поля під час збирання врожаю в усіх варіантах дослідів складався від'ємний баланс основних елементів живлення, за виключенням фосфору у варіанті дослідів P₆₀K₈₀, де він був додатним (+ 6,6 кг/га P₂O₅). **Висновки.** На господарське виносення азоту пшеницею твердою озимою найбільше впливає застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних (P₃₀₋₆₀) – на 9,6–15,3 і калійних добрив (K₄₀₋₈₀) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту дослідів. Азотні добрива сприяють також підвищенню виносення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту дослідів. За умови залишення врожаю соломи пшениці твердої озимої на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту складається додатним – +15,0...28,4 кг/га залежно від варіанту дослідів. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті дослідів N₁₅₀P₆₀K₈₀ забезпечує виносення фосфорних добрив дозу 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті N₁₅₀P₆₀K₄₀.
- Ключові слова:** пшениця тверда озима, господарський винос, баланс елементів живлення, зерно, солома.

Kalantyr V.O. Economic removal and nutrient balance of durum winter wheat with long-term use of mineral fertilizers

Aim. To determine the economic removal and nutrient balance of durum winter wheat with long-term use of mineral fertilizers. **Methods.** Field, laboratory, calculation-comparative, analysis, statistical. **Results.** Significantly more nitrogen (84.6–135.0 kg/ha) is removed with grain harvest than phosphorus and potassium combined – 26.4–41.5 and 19.5–28.5 kg/ha, respectively. Judging by the paired combinations of the main nutrients, the application of nitrogen fertilizers increases the removal of nitrogen by grain by 49%, while phosphorus – by 32%, and potassium – by 28%. At the same time, the use of phosphorus fertilizers increased the removal of phosphorus by grain by 22%, and nitrogen and potassium by 8%. With a straw yield, winter wheat removes more potassium than nitrogen and phosphorus. With the introduction of complete mineral fertilizer ($N_{150}P_{60}K_{80}$ variant), nitrogen, phosphorus, and potassium removal increased by 72%, respectively, compared to unfertilized plots; 41 and 95%. This indicates that durum wheat plants distribute phosphorus between grain and straw more efficiently than nitrogen and potassium. The application of nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha per year had the greatest effect on nitrogen economic removal, increasing it by 53.8–72.0 kg/ha, while phosphorus (P_{30-60}) – by 9.6–15.3 and potassium fertilizers (K_{40-80}) – by 2.2–5.6 kg/ha depending on the experiment variant. Nitrogen

fertilizers also contributed to an increase in the economic removal of phosphorus by 9.1–11.3 kg/ha and potassium – by 17.6–23.6 kg/ha, depending on the experiment variant. The calculations showed that durum wheat straw is an important source in forming the nutrient balance in the soil. When it was removed from the field during harvest in all experiment variants, the balance of the main nutrients was negative, with the exception of phosphorus in $P_{60}K_{80}$ experiment variant, where it was positive (+ 6.6 kg/ha P_2O_5). **Conclusions.** The use of nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha per year has the greatest effect on the economic removal of nitrogen by durum winter wheat, increasing it by 53.8–72.0 kg/ha, while phosphorus (P_{30-60}) – by 9.6 –15.3 and potassium fertilizers (K_{40-80}) – by 2.2–5.6 kg/ha depending on the experiment variant. Nitrogen fertilizers also contribute to an increase in the removal of phosphorus by 9.1–11.3 kg/ha and potassium by 17.6–23.6 kg/ha, depending on the experiment variant. Under the condition of leaving the straw yield of durum winter wheat on the field for fertilizer and applying nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha per year, the nitrogen balance is positive – +15.0...28.4 kg/ha depending on the experiment variant. A positive balance of phosphorus with an indicator of +18.5 kg/ha in $N_{150}P_{60}K_{80}$ experiment variant ensures the application of phosphorus fertilizers at a dose of 60 kg/ha per year, while potassium – + 12.8 kg/ha in $N_{150}P_{60}K_{40}$ variant.

Key words: durum winter wheat, economic removal, balance of nutrients, grain, straw.