

УДК 631.811:633.16:631.816

Гавриленко В. С.

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет садівництва,

Умань, Україна

E-mail: LyubichV@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1121-3867

**БАЛАНС ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ҐРУНТІ ПІД ПОСІВАМИ
ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ****Анотація**

Ячмінь – основна зернова культура в Україні. Мінеральне живлення є одним із основних факторів регуляції росту і розвитку рослин. Для формування високопродуктивних агроценозів важливо забезпечити ячмінь ярий доступними елементами мінерального живлення, зокрема азотом, фосфором і калієм. Вони потрібні рослинам у більш короткий період порівняно з озимими формами. Оптиміальний баланс поживних речовин забезпечується внесенням у ґрунт мінеральних добрив. Своєчасне і правильне внесення добрив створює оптиміальні умови для рослин озимого ячменю і потребує уточнення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

У статті наведено результати дослідження впливу удобрення на вміст основних елементів у зерні та соломі ячменю голозерного ярого, їх господарське винесення й баланс у ґрунті. У результаті проведених досліджень встановлено, що вміст загального азоту в зерні ячменю голозерного ярого становить 2,72–2,98%, вміст фосфору – 0,91–1,01, вміст калію – 0,62–0,71% залежно від системи удобрення. У соломі вміст калію найвищий, а вміст фосфору та азоту – найнижчий.

Необхідно відзначити, що на ділянках без добрив незалежно від комбінацій із соломою баланс основних елементів живлення в ґрунті був від'ємним – -14,8...-79,4 кг/га. За умови видалення соломи із поля баланс для азоту та калію був від'ємним незалежно від системи удобрення ячменю голозерного ярого. Баланс фосфору за внесення $P_{60}K_{70}$, $N_{70}P_{60}$, $N_{70}P_{60}K_{70}$, $N_{70}P_{60}K_{35}$ був додатнім – 5,5–20,5 кг/га.

Залишення соломи на полі як добриво не забезпечувало отримання додатного балансу азоту – -30,2...-64,7 кг/га залежно від варіанту досліду. При цьому баланс фосфору був додатнім за умови застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі системи удобрення. Баланс калію був додатнім зав використання систем удобрення, які містили калій. Баланс фосфору та калію на азотних системах був від'ємним.

Ключові слова: ячмінь голозерний ярий, системи удобрення, елементи живлення, господарське винесення, баланс елементів живлення.

Вступ. Нині на тлі глобального потепління й інших несприятливих чинників одним з основних завдань є вдосконалення технології вирощування зернових колосових культур у тому числі ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) [10]. Поряд з пшеницею та кукурудзою ячмінь є важливою продовольчою, технічною та фуражною зерновою культурою, яка забезпечує економічну безпеку країни. За показниками 2017 року Україна займала четверте місце в світі з валовим збором зерна (9,4 млн т) [3].

Ячмінь ярий добре реагує на застосування добрив. Однак у більшості сільськогосподарських підприємств врожайність ячменю не перевищує 50–60% реально можливого рівня. Встановлено, що застосування добрив дає можливість отримати до 40% приросту врожаю [2]. Розроблення системи удобрення сільськогосподарських культур проводять з урахуванням господарського винесення основних елементів живлення та їх балансу в ґрунті [8]. У зв'язку з цим вивчення питання щодо господарського винесення та балансу основних елементів живлення у ґрунті під посівами ячменю голозерного ярого є актуальним.

Балансу елементів живлення у ґрунті приділяють значної уваги, бо він є науковою основою для розроблення системи удобрення. Завданням його є поліпшення родючості ґрунту і підвищення врожайності сільськогосподарських культур [5, 11]. Баланс елементів живлення відображає ступінь інтенсифікації сільського господарства [7]. Важливо, що він дає можливість встановити недоліки існуючої системи удобрення та дозволяє визначити оптиміальні дози і співвідношення складових елементів живлення [4]. Вважають, що баланс елементів мінерального живлення рослин є показником родючості ґрунту [6]. Він дає можливість науково обґрунтувати загальну потребу господарства в добривах. Доведено [1, 9], що на баланс елементів живлення впливає застосування добрив. При цьому рівень інтенсивності балансу визначається дозою добрив і рівнем урожаю сільськогосподарської культури.

Мета роботи. Вивчити питання щодо формування балансу основних елементів живлення у ґрунті під посівами ячменю голозерного ярого залежно від удобрення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати проведених досліджень свідчать, що застосування добрив у польовій сівозміні значно впливає на вміст основних елементів живлення в зерні та соломі ячменю голозерного ярого (табл. 1). У зерні ячменю найвищим був вміст загального азоту, який змінювався від 2,72 до 2,98% нас сухої речовини. При цьому найбільше на нього впливала азотна складова з повного мінерального добрива.

Таблиця 1. Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2021–2023 рр.), % на суху масу

Варіант досліджу	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	2,72	0,91	0,62	0,33	0,25	0,98
N ₃₅	2,93	0,92	0,62	0,37	0,25	0,98
N ₇₀	2,91	0,92	0,63	0,40	0,26	0,98
P ₆₀ K ₇₀	2,75	0,95	0,65	0,33	0,27	1,02
N ₇₀ K ₇₀	2,93	0,92	0,70	0,40	0,26	1,12
N ₇₀ P ₆₀	2,93	0,96	0,63	0,40	0,28	0,98
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	2,91	0,94	0,65	0,38	0,27	1,07
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	2,98	1,01	0,71	0,41	0,29	1,16
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	2,93	0,95	0,66	0,40	0,27	1,10
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	2,96	1,00	0,65	0,40	0,28	1,11
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	2,95	0,95	0,70	0,41	0,27	1,16

Так, за внесення лише азотних добрив у дозі 35 кг/га д. р. вміст азоту зростав до 2,93% або на 8% порівняно з контролем. За подвійної дози азотних добрив цей показник зростав до 2,91% або на 7%. У варіанті з повним мінеральним добривом вміст азоту зростав до 2,98% або на 10%. Незначне зниження вміст загального азоту в зерні ячменю голозерного ярого в окремих варіантах зумовлено виляганням рослин у 2021 р., що вплинуло на його середній показник. Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив майже не впливали на вміст загального азоту в зерні ячменю.

Вміст фосфору в зерні ячменю голозерного ярого змінювався від 0,91 до 1,01% на суху масу. Необхідно відзначити, що азотні системи удобрення не впливали на вміст фосфору в зерні. Застосування лише фосфорних і калійних добрив підвищували його вміст до 0,95% або на 4% порівняно з ділянками без добрив. За умови повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀) вміст фосфору зростав до 1,01% або на 11%. Неповне повернення фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива знижувало вміст фосфору до 0,94–0,95%.

Вміст калію в зерні ячменю голозерного ярого був у межах 0,62–0,71% залежно від системи удобрення. Тенденція впливу систем удобрення на вміст калію була подібною до вмісту фосфору в зерні. Найвищий його вміст отримано за повного мінерального добрива – 0,71%, що було більше на 15% порівняно з контролем.

У соломі ячменю голозерного ярого вміст калію був найвищим, а вміст азоту – найнижчим. Вміст калію змінювався від 0,98 до 1,16%, фосфору – від 0,25 до 0,29, азоту – від 0,33 до 0,41% залежно від системи удобрення. При цьому варіант з повним мінеральним добривом найбільше впливав на вміст основних елементів живлення.

Із зерном найбільше виносилось азоту – від 64,7 до 104,0 кг/га, а найменше калію – від 14,8 до 24,8 кг/га залежно від варіанту досліджу (табл. 2). Застосування азотних добрив у дозі N₃₅ збільшувало господарське винесення до 85,6 кг/га або в 1,3 рази порівняно з варіантом без добрив. За подвійної дози азотних добрив цей показник зростав до 91,7 кг/га або в 1,4 рази. Варіанти з різними комбінаціями фосфорних і калійних добрив збільшували господарське винесення азоту на 5–13% порівняно з азотними системами удобрення.

Таблиця 2. Господарське винесення основних елементів живлення пшеницею твердою озимою залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/га

Варіант досліджу	Винесення зерном			Господарське винесення соломю		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	64,7	21,7	14,8	14,7	11,1	43,5
N ₃₅	85,6	26,9	18,1	20,5	13,9	54,4
N ₇₀	91,7	29,0	19,8	24,0	15,6	58,7
P ₆₀ K ₇₀	72,6	25,1	17,2	17,6	14,4	54,3
N ₇₀ K ₇₀	100,2	31,5	23,9	26,1	17,0	73,0
N ₇₀ P ₆₀	100,2	32,8	21,5	26,1	18,3	63,9
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	90,5	29,2	20,2	23,2	16,5	65,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	104,0	35,2	24,8	27,3	19,3	77,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	100,2	32,5	22,6	26,2	17,7	71,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	102,7	34,7	22,6	26,5	18,5	73,5
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	101,8	32,8	24,2	27,0	17,8	76,4

Господарське винесення фосфору на азотних системах удобрення було на рівні 26,9–29,0 кг/га. За фосфорно-калійної системи цей показник був лише 25,1 кг/га, а за повного мінерального добрива збільшувався до 35,2 кг/га або в 1,6 рази порівняно з контролем. Господарське винесення фосфору за різних комбінацій фосфорних і калійних добрив був у межах 25,1–34,7 кг/га.

Господарське винесення калію з урожаєм зерна ячменю голозерного ярого був найменшим – 14,8–24,8 кг/га залежно від варіанту дослідів. Застосування азотних систем удобрення збільшувало його винесення до 18,1–19,8 кг/га або на 22–32%. Системи удобрення, які містили калійні добрива збільшували його винесення до 20,2–24,8 кг/га або на 36–68% порівняно з контролем.

У господарському винесенні основних елементів живлення з урожаєм соломи частка калію була найвищою. Так, господарське винесення калію було від 43,5 до 77,4 кг/га залежно від системи удобрення. Винесення фосфору було найменшим – 11,1–19,3 кг/га, а винесення азоту – від 14,7 до 27,3 кг/га залежно від варіанту дослідів.

У господарському винесенні частка азоту в урожаї зерна та соломи найбільша – 79,4–131,1 кг/га залежно від удобрення ячменю голозерного ярого (табл. 3). У варіантах із азотними системами удобрення господарське винесення азоту збільшувалось до 106,1–115,7 кг/га або в 1,3–1,5 рази порівняно з ділянками без добрив. У варіанті $N_{35}P_{30}K_{35}$ цей показник збільшувався до 113,7 кг/га або на 7% порівняно з N_{35} . Застосування $N_{70}P_{60}K_{70}$ збільшувало господарське винесення до 131,3 кг/га або на 13% порівняно з N_{70} . Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив забезпечували господарське винесення азоту на 2–5% менше порівняно з повним мінеральним добривом.

Господарське винесення калію було на рівні 58,3–102,2 кг/га залежно від системи удобрення. Застосування різних систем удобрення збільшувало господарське винесення порівняно з контролем. Найбільше господарське винесення було за систем, які містили азотну та калійну складову – 96,9–102,2 кг/га проти 71,5–78,5 кг/га за фосфорно-калійної та азотних систем.

Господарське винесення фосфору було найменшим порівняно з азотом і калієм. При цьому вищі показники винесення отримано за вирощування ячменю голозерного ярого, використовуючи азотні та фосфорні добрива – 51,1–54,5 кг/га проти 39,6–44,6 кг/га за внесення фосфорних і калійних добрив та азотних системах. Застосування добрив збільшувало господарське винесення фосфору на 20–66% порівняно з ділянками без добрив.

Необхідно відзначити, що на ділянках без добрив незалежно від комбінацій із соломою баланс основних елементів живлення в ґрунті був від'ємним – -14,8...-79,4 кг/га (табл. 4). За умови видалення соломи із поля баланс для азоту та калію був від'ємним незалежно від системи удобрення ячменю голозерного ярого. Баланс фосфору за внесення $P_{60}K_{70}$, $N_{70}P_{60}$, $N_{70}P_{60}K_{70}$, $N_{70}P_{60}K_{35}$ був додатнім – 5,5–20,5 кг/га.

Залишення соломи на полі як добриво не забезпечувало отриманню додатного балансу азоту – -30,2...-64,7 кг/га залежно від варіанту дослідів. При цьому баланс фосфору був додатнім за умови застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі системи удобрення. Баланс калію був додатнім зав використання систем удобрення, які містили калій. Баланс фосфору та калію на азотних системах був від'ємним.

Отже, вміст основних елементів живлення, господарське винесення та їх баланс у ґрунті під посівами ячменю голозерного ярого змінюється від застосування різних видів і доз добрив.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що вміст загального азоту в зерні ячменю голозерного ярого становить 2,72–2,98%, вміст фосфору – 0,91–1,01, вміст калію – 0,62–0,71% залежно від системи удобрення. У солоні вміст калію найвищий, а вміст фосфору та азоту – найнижчий. Найбільші показники винесення фосфору та калію забезпечували системи удобрення з більшою часткою фосфорних і калійних добрив. На господарське винесення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив. Встановлено, що в середньому за три роки досліджень господарське винесення азоту становить 79,4 кг/га, фосфору – 32,8 кг/га,

Таблиця 3. Господарське винесення основних елементів живлення з урожаєм зерна та соломи ячменю голозерного ярого залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/га

Варіант дослідів	Господарське винесення		
	N	P_2O_5	K_2O
Без добрив (контроль)	79,4	32,8	58,3
N_{35}	106,1	40,8	72,5
N_{70}	115,7	44,6	78,5
$P_{60}K_{70}$	90,2	39,5	71,5
$N_{70}K_{70}$	126,3	48,5	96,9
$N_{70}P_{60}$	126,3	51,1	85,4
$N_{35}P_{30}K_{35}$	113,7	45,7	85,6
$N_{70}P_{60}K_{70}$	131,3	54,5	102,2
$N_{70}P_{30}K_{35}$	126,4	50,2	94,5
$N_{70}P_{60}K_{35}$	129,2	53,2	96,1
$N_{70}P_{30}K_{70}$	128,8	50,6	100,6

Таблиця 4. Баланс основних елементів живлення за вирощування пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/га

Варіант досліджу	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)	-79,4	-32,8	-58,3	-64,7	-21,7	-14,8
N ₃₅	-71,1	-40,8	-72,5	-50,6	-26,9	-18,1
N ₇₀	-45,7	-44,6	-78,5	-21,7	-29,0	-19,8
P ₆₀ K ₇₀	-90,2	20,5	-1,5	-72,6	34,9	52,8
N ₇₀ K ₇₀	-56,3	-48,5	-26,9	-30,2	-31,5	46,1
N ₇₀ P ₆₀	-56,3	8,9	-85,4	-30,2	27,2	-21,5
N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	-78,7	-15,7	-50,6	-55,5	0,8	14,8
N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	-61,3	5,5	-32,2	-34,0	24,8	45,2
N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	-56,4	-20,2	-59,5	-30,2	-2,5	12,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	-59,2	6,8	-61,1	-32,7	25,3	12,4
N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	-58,8	-20,6	-30,6	-31,8	-2,8	45,8

калію – 58,3 кг/га на ділянках без добрив. Застосування повного мінерального добрива (N₇₀P₆₀K₇₀) збільшує його відповідно до 131,3 кг/га, 54,5 і 102,2 кг/га. Баланс елементів живлення за умови видалення соломи із поля був від’ємним для азоту та калію і майже на всіх варіантах для фосфору. За умови залишення соломи на полі баланс азоту був також від’ємним незалежно від системи удобрення. Баланс фосфору та калію додатний при застосуванні систем удобрення, які містять фосфорні та калійні добрива, крім варіанту N₇₀P₃₀K₇₀ для фосфору. Ділянки без добрив та азотні системи удобрення забезпечують від’ємний баланс азоту, фосфору та калію. Набуло подальшого вивчення формування продуктивності нових сортів ячменю ярого в чотириріпільній сівозміні за тривалого застосування добрив.

Список використаних джерел

1. Гамаюнова В.В., Томницький А.В. Баланс основних елементів живлення у ґрунті залежно від внесення мінеральних добрив під нут. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 1. С. 103–108.
2. Гораш О. С., Климишена Р. І. Ячмінь ярий. Теоретичні основи технології вирощування. Кам'янець-Подільський, 2019. 64 с.
3. Гораш О. С., Климишена Р. І. Ячмінь: управління ростом і розвитком. Кам'янець-Подільський, 2021. 312 с.
4. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 34–38.
5. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Стасіневич О. Ю., Бойко В. П. Комплексне оцінювання системи застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2018. Вип. 2(82). С. 56–66.
6. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т. Агroeкономічні перспективи застосування азотних добрив під польові культури. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. Ч. 1. С. 6–16.
7. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Вплив доз і співвідношень добриву польовій сівозміні на врожайність і якість зерна ячменю ярого. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 205–218.
8. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 74–82.
9. Любич В. В., Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Стасіневич О.Ю. Параметри родючості ґрунту та продуктивність польової сівозміні за внесення добрив і вапна. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. С. 7–16.
10. Hospodarenko H., Liubych V., Oliinyk O., Polianetska I., Silifonov T. Influence of fertilization on the crop rotation productivity and the balance of essential nutrients in the soil. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellin*. 2022. Vol. 75(2). P. 9919–9928.
11. Hospodarenko H., Mostoviak I., Karpenko V., Liubych V., Novikov V. Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertilizer system. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25(3). P. 16–25.

Havrylenko V. S.*holder of the third (educational and scientific) level of higher education (doctor of philosophy)
Uman National University of Horticulture,
Uman, Ukraine***E-mail:** LyubichV@gmail.com**ORCID:** 0000-0002-1121-3867**THE BALANCE OF THE MAIN NUTRIENTS IN THE SOIL UNDER HULLESS
SPRING BARLEY CROPS DEPENDING ON FERTILIZER****Abstract**

Barley is the main grain crop in Ukraine. Mineral nutrition is one of the main factors to regulate plant growth and development. To form highly productive agrocenoses, it is important to provide spring barley with available elements of mineral nutrition, nitrogen, phosphorus and potassium, in particular. They are needed by the plants within a shorter period compared to the winter forms. The optimal balance of nutrients is ensured by applying mineral fertilizers into the soil. Timely and correct application of fertilizers creates favourable conditions for winter barley plants and needs to be clarified in specific soil and climatic conditions.

The article presents the research results of fertilizer effect on the content of the main elements in the grain and straw of hulless spring barley, their economic application and balance in the soil. As a result of the conducted research, it was established that the total nitrogen content in hulless spring barley grains is 2.72–2.98%, the phosphorus content is 0.91–1.01%, the potassium content is 0.62–0.71% depending on fertilizer system. Straw has the highest potassium content and the lowest phosphorus and nitrogen one.

It should be noted that on fertilizer omitted plots, regardless of combinations with straw, the balance of the main nutrients in the soil was negative -14.8...-79.4 kg/ha. Under the condition of removing straw from the field, the balance of nitrogen and potassium was negative regardless of the fertilization system of the hulless spring barley. Phosphorus balance after application of $P_{60}K_{70}N_{70}P_{60}N_{70}P_{60}K_{70}N_{70}P_{60}K_{35}$ was positive - 5.5–20.5 kg/ha.

To leave straw on the field as fertilizer did not provide a positive nitrogen balance - -30.2...-64.7 kg/ha depending on the experiment variant. At the same time, phosphorus balance was positive under the condition of using 60 kg/ha of phosphorus fertilizers as part of the fertilization system. Potassium balance was positive when using fertilizer systems that contained potassium. Phosphorus and potassium balance on nitrogen systems was negative.

Key words: spring barley, fertilizer systems, nutrients, economic removal, balance of nutrients.

References

1. Gamayunova, V.V., & Tomnytskyi, A.V. (2013). Balans osnovnykh elementiv zhyvlennia u grunti zalezno vid vnesennia mineralnykh dobrovyv pid nut [The balance of the main nutrients in the soil depending on the application of mineral fertilizers under chickpeas]. *Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, iss. 1, pp. 103–108 [in Ukrainian].
2. Horash, O.S., & Klymyshena, R.I. (2019). *Yachmin yaryi. Teoretychni osnovy tekhnolohii vyroshchuvannia [Spring barley. Theoretical foundations of cultivation technology]*. Kamianets-Podilskyi, 64 p. [in Ukrainian].
3. Horash, O.S., & Klymyshena, R.I. (2021). *Yachmin: upravlinnia rostom i rozvytkom [Barley: management of growth and development]*. Kamianets-Podilskyi, 312 p. [in Ukrainian].
4. Gospodarenko, G.M., Lyubich, V.V., & Martyniuk, A.T. (2023). Ahrokhimichni vlastyvoli gruntu za tryvaloho zastosuvannia mineralnykh dobrovyv [Agrochemical properties of soil with long-term use of mineral fertilizers]. *Agrarian innovations*, iss. 19, pp. 34–38 [in Ukrainian].
5. Gospodarenko, H.M., Prokopchuk, I.V., Stasinevich, O.Yu., & Boyko, V.P. (2018). Kompleksne otsiniuvannia systemy zastosuvannia dobrovyv u polovii sivozmini [Comprehensive evaluation of the fertilizer application system in field crop rotation]. *Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management*, iss. 2(82), pp. 56–66 [in Ukrainian].
6. Gospodarenko, G.M., Chernov, O.D., & Martyniuk, A.T. (2021). hroekonomichni perspektyvy zastosuvannia azotnykh dobrovyv pid polovi kultury [Agro-economic prospects of using nitrogen fertilizers for field crops]. Coll. of science Ave. Umansky NUS, iss. 99, pp. 6–16 [in Ukrainian].
7. Gospodarenko, H.M., Prokopchuk, I.V., & Boyko, V.P. (2020). Vplyv doz i spivvidnoshen dobrovyv polovii sivozmini na vrozhaunist i yakist zerna yachmeniu yarohe [Influence of doses and ratios of fertilizer in field crop rotation on the yield and quality of spring barley grain]. Coll. of science Ave. Umansky NUS, iss. 96, pp. 205–218 [in Ukrainian].
8. Lyubich, V. V. (2023). Ekhnolohichni parametry vyrobnytstva zerna trytykale yarohe, vyroshchenoho za riznykh doz azotnykh dobrovyv [Technological parameters of spring triticale grain production grown under different doses of nitrogen fertilizers]. *Bulletin of the Uman State University*, iss. 2, pp. 74–82 [in Ukrainian].
9. Lyubich, V.V., Gospodarenko, H.M., Martyniuk, A.T., & Stasinevich, O.Yu. (2023). Parametry rodiuchosti gruntu ta produktyvnist polovoi sivozminy za vnesennia dobrovyv i vapna [Parameters of soil fertility and productivity of field crop rotation with the application of fertilizers and lime]. Coll. of science Ave. Umansky NUS, iss. 102, pp. 7–16 [in Ukrainian].
10. Gospodarenko, H., Liubych, V., Oliinyk, O., Polianetska, I., & Silifonov, T. (2022). Influence of fertilization on crop rotation productivity and the balance of essential nutrients in the soil. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellin*, iss. 75(2), pp. 9919–9928.
11. Gospodarenko, H., Mostoviak, I., Karpenko, V., Liubych, V., & Novikov, V. (2022). Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertilizer system. *Scientific Horizons*, iss. 25(3), pp. 16–25.