

## ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ВІДНОСНЕ ВИНЕСЕННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ БАЛАНСУ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЮ ГОЛОЗЕРНОГО ЯРОГО

ГАВРИЛЕНКО В.С. – аспірант

[orcid.org/0000-0002-1121-3867](https://orcid.org/0000-0002-1121-3867)

Уманський національний університет садівництва

**Постановка проблеми.** Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) є однією з найважливіших культур, яку використовують на продовольчі, кормові та технічні цілі в багатьох країнах [1]. Незважаючи на його важливість, існує низка факторів, які впливають на його врожайність [2]. Найважливішими факторами, які знижують урожайність ячменю є низька родючість ґрунту, посуха, кислотність ґрунту (низький рН ґрунту), полягання посівів, хвороби і шкідники, недостатній сортовий склад [3]. Доведено, що ячмінь ярий має високу реакцію на поліпшення умов живлення рослин. При цьому отримання високої врожайності перешкоджає полягання посівів, що знижує ефективність агротехнологічних заходів [4]. Голозерні форми ячменю мають перспективу для перероблення порівняно з плівковими сортами. Проте досліджень щодо впливу удобрення на формування продуктивності таких сортів проведено недостатньо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Потребу рослин у поживних речовинах визначають з урахуванням їх відносного винесення. Біологічна потреба рослин у поживних речовинах протягом вегетаційного періоду значно більша за господарський винос, оскільки значна їх частина в процесі росту й розвитку переміщується і нагромаджується в різній кількості в урожаї, поживних рештках та кореневій системі [5, 6].

Показник відносного винесення основних елементів живлення змінюється залежно від сорту та системи удобрення. Так, встановлено, що відносне винесення азоту ячменю ярого становило 15,0–15,9 кг/т, фосфору – 9,7–10,5, калію – 15,6–16,3 кг/т зерна та відповідну кількість соломи на ділянках без добрив. За умови застосування добрив цей показник становив відповідно 20,4–22,9 кг/т, 12,7–13,8, 18,1–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи залежно від сорту ячменю ярого [7]. При цьому поліпшення умов живлення рослин у зв'язку з застосування добрив залежно від біологічних особливостей сорту збільшувало відносний винос поживних елементів з ґрунту. Винос азоту сортами ячменю ярого за роки досліджень зростав на 26–30 %, фосфору – на 22–24, калію – на 13–14 % у варіантах з внесенням високих доз добрив. У варіантах з внесенням низьких доз добрив відносний винос азоту сортами ячменю ярого зріс лише на 9–14 %, при цьому в обох випадках, найвищим він був у сорту Миронівський 92, а в сорту Звершення за низьких доз мінеральної системи удобрення і в сорту Гетьман – за низьких доз органіко-мінеральної системи удобрення [8].

У дослідженнях з тритикале ярим відносне винесення азоту, фосфору та калію для формування однієї

тонни зерна і відповідної маси соломи у варіанті без добрив становив 27,1, 7,8 і 16,1 кг/т, а за внесення  $P_{90}K_{90} + N_{150}$  – відповідно 30,6; 8,8 і 18,1 кг/т. Внесення добрив, особливо азотних, підвищує надходження елементів живлення в рослини і відносне винесення їх з урожаєм [9]. При цьому коефіцієнт використання азоту з добрив знижувався від 68–71 % за  $N_{30}$  до 51–55 % за  $N_{150}$  [10].

Встановлено, що для формування 1 т основної і відповідної кількості соломи пшениця м'яка озима витрачає 20,5–28,2 кг азоту, 9,7–11,3 – фосфору та 16,2–19,7 кг калію залежно від удобрення. З соломою пшениці м'якої озимої у ґрунт від господарського винесення повертається 27–33 % азоту, 35–36 – фосфору й 74–76 % калію залежно від доз добрив. На формування одиниці врожаю зерна та відповідної кількості соломи пшениця озима засвоює N,  $P_2O_5$  і  $K_2O$  у такому співвідношенні: 1 : 0,4 : 0,7 [11]. Отже, застосування добрив значно підвищує відносне винесення основних елементів з урожаєм. При цьому рівень його змінюється залежно від особливостей сорту та удобрення. Необхідно відзначити, що для ячменю ярого недостатньо вивчено особливості засвоєння основних елементів живлення та їх баланс у ґрунті. Тому дослідження цих параметрів живлення рослин ячменю голозерного ярого є актуальними.

**Мета.** Визначити відносне винесення, коефіцієнт використання та інтенсивність балансу основних елементів живлення ячменем голозерним ярим 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 2021–2023 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 м<sup>2</sup>. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений,  $r_{H_{KCl}}$  – 5,7.

У варіанті досліді виробничого контролю ( $N_{150}P_{60}K_{80}$ ) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліді складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можли-

вість 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 ячмінь гол озерний ярий (сорт Ахіллес) включала такі варіанти: без добрив (контроль),  $N_{35}$ ,  $N_{70}$ ,  $P_{60}K_{70}$ ,  $N_{70}K_{70}$ ,  $N_{70}P_{60}$ ,  $N_{35}P_{30}K_{35}$ ,  $N_{70}P_{60}K_{70}$ ,  $N_{70}P_{30}K_{35}$ ,  $N_{70}P_{60}K_{35}$ ,  $N_{70}P_{30}K_{70}$ . Відповідно до схеми досліджу фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебеління) залишається на полі на добриво. За показниками господарського винесення основних елементів живлення визначали їх відносне винесення, коефіцієнт використання їх із добрив. Інтенсивність балансу (I, %) визначали за формулою:

$$I = \frac{H}{B} \times 100,$$

де H – надходження елементу живлення, кг/га;

B – відчуження елементу живлення з урожаєм, кг/га.

**Результати досліджень.** Результати досліджень свідчать, що тривале застосування мінеральних добрив впливало на параметри винесення та баланс основних елементів живлення ячменем голозерним ярим. Встановлено, що частка азоту в господарському винесенні зерном була найвищою – 63,2–65,5 % (табл. 1). Частка калію була найнижчою – 13,9–15,4, а фосфору – 20,6–21,7 % залежно від варіанту досліджу. Необхідно відзначити, що застосування добрив збільшувало частку азоту в господарському винесенні основних елементів живлення. Частка фосфору та калію при цьому майже не змінювалась.

У господарському винесенні соломою частка калію була найвищою – 59,0–62,8 %. Частка фосфору при цьому була найнижчою – 14,6–16,0 %, а частка азоту – лише 21,2–24,4 % залежно від варіанту досліджу. Необхідно відзначити, що застосування лише азотних добрив знижувало частку фосфору та калію. Частка азоту при цьому зростала. Застосування фосфорних

і калійних у складі повного мінерального добрива майже не змінювало частки фосфору та калію порівняно з варіантом без добрив.

Результати обрахунків свідчать, що тривале застосування мінеральних добрив по різному впливало на відносне винесення основних елементів живлення ячменем голозерним ярим. Так, застосування азотних добрив окремо та в складі повного мінерального добрива сприяло зростанню відносного винесення азоту від 27,2 до 29,1–29,8 кг/т зерна. Не змінювало цього показника застосування фосфорних і калійних добрив. Відносне винесення фосфору при цьому зростало від 9,1 до 9,2–10,1 кг/т зерна, а калію – від 6,2 до 6,3–7,1 кг/т зерна залежно від варіанту досліджу. Необхідно відзначити, що застосування азотних добрив у складі повного мінерального добрива сприяло підвищенню цього показника. Описана тенденція була подібною для відносного винесення основних елементів ячменем голозерним ярим для зерна і відповідною кількістю соломи. Проте рівень його відрізнявся від відносного винесення для зерна.

Відносне винесення азоту зростало від 18,7 до 22,0–24,0 кг/т зерна та відповідну кількість соломи або на 18–28 % у варіантах, які містили азотну складову. Застосування фосфорно-калійної системи забезпечували цей показник на рівні 19,4 кг/т або на 4 %. Застосування мінеральних добрив збільшувало відносне винесення фосфору від 7,7 до 8,5–10,1 кг/т або на 10–31 %, а калію – від 13,7 до 15,0–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи ячменю голозерного ярого, або на 9–38 %.

Ефективність удобрення змінювалась залежно від системи застосування добрив (табл. 3). Розрахунки свідчать, що найвищий коефіцієнт засвоєння азоту був за внесення  $N_{35}$  – 76,3 %, а збільшення дози азотних добрив до 70 кг/га д. р. знижувало його до 51,9 %. Застосування фосфорних і калійних добрив сприяло підвищенню цього показника до 55,7–67,1 %, крім варіанту  $N_{70}P_{30}K_{35}$ .

Найнижчий коефіцієнт засвоєння фосфору з добрив отримано за фосфорно-калійної та азотно-фосфорної

Таблиця 1

**Частка основних елементів живлення від суми господарського їх винесення ячменем голозерним ярим залежно від удобрення, 2021–2023 рр.**

Варіант досліджу	Частка від суми господарського винесення, %					
	зерном			соломою		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив (контроль)	63,9	21,4	14,6	21,2	16,0	62,8
$N_{35}$	65,5	20,6	13,9	23,1	15,7	61,3
$N_{70}$	65,3	20,6	14,1	24,4	15,9	59,7
$P_{60}K_{70}$	63,2	21,8	15,0	20,4	16,7	62,9
$N_{70}K_{70}$	64,4	20,2	15,4	22,5	14,6	62,9
$N_{70}P_{60}$	64,9	21,2	13,9	24,1	16,9	59,0
$N_{35}P_{30}K_{35}$	64,7	20,9	14,4	22,1	15,7	62,2
$N_{70}P_{60}K_{70}$	63,4	21,5	15,1	22,0	15,6	62,4
$N_{70}P_{30}K_{35}$	64,5	20,9	14,6	22,6	15,3	62,1
$N_{70}P_{60}K_{35}$	64,2	21,7	14,1	22,4	15,6	62,0
$N_{70}P_{30}K_{70}$	64,1	20,7	15,2	22,3	14,7	63,0

Таблиця 2

Відносне винесення основних елементів живлення зерном і соломою ячменем голозерним ярим залежно від удобрення (2021–2023 рр.), кг/т

Варіант досліджу	Відносне винесення					
	зерном			зерном і відповідною кількістю соломи		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив (контроль)	27,2	9,1	6,2	18,7	7,7	13,7
N <sub>35</sub>	29,3	9,2	6,2	22,0	8,5	15,0
N <sub>70</sub>	29,1	9,2	6,3	22,9	8,8	15,5
P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	27,5	9,5	6,5	19,4	8,5	15,3
N <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	29,3	9,2	7,0	23,7	9,1	18,2
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub>	29,3	9,6	6,3	23,7	9,6	16,0
N <sub>35</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	29,1	9,4	6,5	22,4	9,0	16,9
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	29,8	10,1	7,1	24,3	10,1	18,9
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	29,3	9,5	6,6	23,7	9,4	17,7
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>35</sub>	29,6	10,0	6,5	24,0	9,9	17,9
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>70</sub>	29,5	9,5	7,0	24,0	9,4	18,8

Таблиця 3

Коефіцієнт використання основних елементів живлення ячменем голозерним ярим з мінеральних добрив (2021–2023 рр.), %

Варіант досліджу	Господарське винесення		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
N <sub>35</sub>	76,3	–	–
N <sub>70</sub>	51,9	–	–
P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	–	11,2	18,9
N <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	67,0	–	26,3
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub>	67,0	10,8	–
N <sub>35</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	67,1	20,7	40,3
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	58,7	25,0	43,9
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	51,7	35,7	65,7
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>35</sub>	55,7	22,8	70,3
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>70</sub>	55,1	37,0	41,6

Примітка. За відсутності в схемі досліджу варіантів з відповідними парними комбінаціями основних елементів живлення розрахунок їх використання з добрив проводили у порівнянні з їх винесенням у варіанті досліджу без добрив (контроль).

системи удобрення – 10,8–11,2 %. Найвище засвоєння фосфору з добрив отримано на ділянках, де застосували 30 кг/га д. р. фосфорних добрив – 35,7–37,0 %. Застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива забезпечували 20,7–25,0 % засвоєння фосфору з добрив.

Подібну тенденцію визначено для коефіцієнта засвоєння калію з добрив. При цьому найвищим він був за внесення N<sub>70</sub> у складі повного мінерального добрива за дози калійних добрив 35 кг/га д. р. – 65,7–70,3 %. Найменше ячменем голозерним ярим засвоювалось калію на фосфорно-калійній системі удобрення – 18,9 %.

Обраховано, що за умови видалення соломи із поля відчуження перевищувало надходження для азоту та калію в усіх варіантах досліджу (табл. 4). Інтенсивність балансу була нижче 100 % – 31–98 %. Необхідно відзначити, що цей показник на фосфорно-калійній системі був на рівні 98 %. Надходження перевищувало відчуження для фосфору за внесення P<sub>60</sub> у складі повного

мінерального добрива. Внесення 30 кг/га д. р. фосфорних добрив не забезпечували навіть бездефіцитного балансу.

За умови залишення соломи на полі баланс азоту був дефіцитним на всіх системах удобрення, оскільки його інтенсивність була менше 100 %. Інтенсивність балансу для фосфору була вище 100 %, крім варіантів з неповним поверненням фосфорних добрив. При цьому цей показник був на рівні 91–92 %. Надходження значно перевищувало відчуження для калію на системах, які містили калійну складову у складі повного мінерального добрива. Інтенсивність при цьому становила 155–407 %.

Отже, екологічно безпечні показники інтенсивності для фосфору та калію забезпечують системи із застосуванням неповного повернення фосфорних і калійних добрив на тлі 35–70 кг/га д. р. азотних добрив.

**Висновки.** Встановлено, що тривале застосування мінеральних добрив впливає на відносне винесення,

Таблиця 4

Інтенсивність балансу за вирощування ячменю голозерного ярого залежно від удобрення (2021–2023 рр.), %

Варіант досліджу	Інтенсивність балансу за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив (контроль)	0	0	0	0	0	0
N <sub>35</sub>	33	0	0	41	0	0
N <sub>70</sub>	61	0	0	76	0	0
P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	0	152	98	0	239	407
N <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	55	0	72	70	0	293
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub>	55	117	0	70	183	0
N <sub>35</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	31	66	41	39	103	173
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	53	110	68	67	170	282
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	55	60	37	70	92	155
N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>35</sub>	54	113	36	68	173	155
N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>70</sub>	54	59	70	69	91	289

коефіцієнт засвоєння та інтенсивність балансу основних елементів живлення за вирощування ячменю голозерного ярого. Встановлено, що частка азоту в господарському винесенні зерном найвища – 63,2–65,5 %. Частка калію найнижчою – 13,9–15,4, а фосфору – 20,6–21,7 % залежно від варіанту досліджу. Необхідно відзначити, що застосування добрив збільшує частку азоту в господарському винесенні основних елементів живлення. Частка фосфору та калію при цьому майже не змінюється. У господарському винесенні соломою частка калію була найвищою – 59,0–62,8 %. Частка фосфору при цьому була найнижчою – 14,6–16,0 %, а частка азоту – лише 21,2–24,4 % залежно від варіанту досліджу.

Відносне винесення азоту зростає від 18,7 до 22,0–24,0 кг/т зерна та відповідну кількість соломи або на 18–28 % у варіантах, які містять азотну складову. Застосування фосфорно-калійної системи забезпечують цей показник на рівні 19,4 кг/т або на 4 %. Застосування мінеральних добрив збільшує відносне винесення фосфору від 7,7 до 8,5–10,1 кг/т або на 10–31 %, а калію – від 13,7 до 15,0–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи ячменю голозерного ярого, або на 9–38 %.

Розрахунки свідчать, що найвищий коефіцієнт засвоєння азоту становить за внесення N<sub>35</sub> – 76,3 %, а збільшення дози азотних добрив до 70 кг/га д. р. знижує його до 51,9 %. Застосування фосфорних і калійних добрив сприяє підвищенню цього показника до 55,7–67,1 %, крім варіанту N<sub>70</sub>P<sub>30</sub>K<sub>35</sub>.

Найнижчий коефіцієнт засвоєння фосфору з добрив отримано за фосфорно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення – 10,8–11,2 %. Найвище засвоєння фосфору з добрив отримано на ділянках, де застосували 30 кг/га д. р. фосфорних добрив – 35,7–37,0 %. Застосування 60 кг/га д. р. фосфорних добрив у складі повного мінерального добрива забезпечує 20,7–25,0 % засвоєння фосфору з добрив. Найвищий коефіцієнт засвоєння калію з добрив за внесення N<sub>70</sub> у складі повного мінерального добрива за дози калійних добрив 35 кг/га д. р. – 65,7–70,3 %. Найменше ячменем голо-

зерним ярим засвоюється калію на фосфорно-калійній системі удобрення – 18,9 %.

Екологічно безпечні показники інтенсивності для фосфору та калію забезпечують системи із застосуванням неповного повернення фосфорних і калійних добрив на тлі 35–70 кг/га д. р. азотних добрив.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Касаткіна Т. О., Гамаюнова В. В. Перспективи та особливості вирощування ячменю ярого на Півдні України. *Наукові горизонти*. 2018. № 7–8 (70). С. 131–138.
- Melle T., Asfaw A., Getachew T. Participatory evaluation and promotion of improved food barley varieties in the highlands of north western Ethiopia. *Journal of Agricultural Research*. 2015. Vol. 4(3). P. 50–53.
- Woubshet D., Selamyihun K., Cherukuri R. Effect of integrated use of lime, blended fertilizer and compost on productivity, nutrient removal and economics of barley (*Hordeum vulgare* L.) on acid soils of high lands in West Showa Zone of Ethiopia. *International Journal of Life Sciences*. 2017. Vol. 5 (3). Article number 311322.
- Гамаюнова В. В., Касаткіна Т. О. Формування врожаю зерна ячменю ярого та його структури залежно від сорту і умов живлення в Південному Степу України. *Вісник Харківського НАУ*. 2019. № 2. С. 87–98.
- 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. URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hmnfa.pdf>.
- Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 74–82.
- Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю. Продуктивність польової сівозміни залежно від параметрів показників родючості чорнозему опідзоленого. *Вісник Харківського Національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва*. 2004. № 1. С. 158–163.
- Господаренко Г. М., Стасіневич О. Ю., Прокопенко Е. В. Врожайність зерна ячменю ярого

за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 3–6.

9. Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 152–159.
10. Любич В. В. Баланс основних елементів живлення в ґрунті за різних доз і строків внесення добрив під тритикале яре. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2011. Вип. 74. С. 107–109.
11. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3 (107). С. 35–44.

#### REFERENCES:

1. Kasatkina T. O., Gamayunova V. V. (2018). *Perspektyvy ta osoblyvosti vyroshchuvannya yachmeniu yaroho na Pivdni Ukrainy* [Prospects and peculiarities of growing spring barley in the South of Ukraine]. *Scientific horizons*, no. 7–8 (70), pp. 131–138. [in Ukrainian].
2. Melle T., Asfaw A., Getachew T. (2015). Participatory evaluation and promotion of improved food barley varieties in the highlands of north western Ethiopia. *Journal of Agricultural Research*, no. 4(3), pp. 50–53.
3. Woubshet D., Selamyihun K., Cherukuri R. (2017). Effect of integrated use of lime, blended fertilizer and compost on productivity, nutrient removal and economics of barley (*Hordeum vulgare* L.) on acid soils of high lands in West Showa Zone of Ethiopia. *International Journal of Life Sciences*, no. 5 (3), article number 311322.
4. Gamayunova V.V., Kasatkina T.O. (2019). *Formuvannya vrozhaiu zerna yachmeniu yaroho ta yoho struktury zalezno vid sortu i umov zhyvlennia v Pivdennomu Stepu Ukrainy* [Formation of spring barley grain yield and its structure depending on the variety and feeding conditions in the Southern Steppe of Ukraine]. *Bulletin of the Kharkiv National University of Science and Technology*, no. 2, pp. 87–98. [in Ukrainian].
5. Gospodarenko H.M., Lyubich V.V. (2010). *Dynamika vmistu azotu v roslynakh sortiv trytykale yaroho zalezno vid norm i strokiv zastosuvannya 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. URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hnmf.pdf>. [in Ukrainian].
6. Lyubich V. V. (2023). *Tekhnologichni parametry vyrobnytstva zerna trytykale yaroho, 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].
7. Gospodarenko G.M., Stasinevich O.Yu. (2004). *Produktyvnist polovoi sivozminy zalezno vid parametriv pokaznykiv rodiuchosti chornozemu opidzolenoho* [Productivity of field crop rotation depending on the parameters of the fertility indicators of podzolized chernozem]. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Do-kuchaeva*, no. 1, pp. 158–163. [in Ukrainian].
8. Gospodarenko H. M., Stasinevich O. Yu., Prokopenko E. V. (2015). *Produktyvnist polovoi sivozminy zalezno vid*

- parametriv pokaznykiv rodiuchosti chornozemu opidzolenoho* [Yield of spring barley grain under long-term use of fertilizers in field crop rotation]. *Bulletin of the Uman State University*, no. 1, pp. 3–6. [in Ukrainian].
9. Lyubich V.V., Nevlad V.I., Martyniuk A.T. (2022). *Produktyvnist trytykale yaroho za riznykh doz azotnykh dobryv* [Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers]. *Agrobiology*, no. 1, pp. 152–159. [in Ukrainian].
10. Lyubich V. V. (2011). *Balans osnovnykh elementiv zhyvlennia v grunty za riznykh doz i strokiv vnesennia dobryv pid trytykale yare* [The balance of the main nutrients in the soil at different doses and periods of fertilization under triticale]. *Agrochemistry and soil science*, no. 74, pp. 107–109. [in Ukrainian].
11. Gospodarenko G. M., Cherny O. D., Lyubich V. V., Boyko V. P. (2020). *Zasvoennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu y mineralnykh dobryv pshe-nytseiu ozymoiu na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu* [Assimilation of the main nutrients from the soil and mineral fertilizers by winter wheat on the podsolized chernozem of the Right Bank Forest Steppe]. *Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, no. 3 (107), pp. 35–44. [in Ukrainian].

#### Гавриленко В.С. Вплив тривалого застосування мінеральних добрив на відносне винесення, коефіцієнт використання та інтенсивність балансу основних елементів живлення ячменю голозерного ярого

**Мета.** Визначити відносне винесення, коефіцієнт використання та інтенсивність балансу основних елементів живлення ячменем голозерним ярим за тривалого застосування мінеральних добрив. **Методи.** Польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний, аналізування, статистичний. **Результати.** Встановлено, що частка азоту в господарському винесенні зерном найвища – 63,2–65,5 %. Частка калію найнижчою – 13,9–15,4, а фосфору – 20,6–21,7 % залежно від варіанту досліду. Необхідно відзначити, що застосування добрив збільшує частку азоту в господарському винесенні основних елементів живлення. Частка фосфору та калію при цьому майже не змінюється. У господарському винесенні соломою частка калію була найвищою – 59,0–62,8 %. Частка фосфору при цьому була найнижчою – 14,6–16,0 %, а частка азоту – лише 21,2–24,4 % залежно від варіанту досліду. Відносне винесення азоту зростає від 18,7 до 22,0–24,0 кг/т зерна та відповідну кількість соломи або на 18–28 % у варіантах, які містять азотну складову. Застосування фосфорно-калійної системи забезпечують цей показник на рівні 19,4 кг/т або на 4 %. Застосування мінеральних добрив збільшує відносне винесення фосфору від 7,7 до 8,5–10,1 кг/т або на 10–31 %, а калію – від 13,7 до 15,0–18,9 кг/т зерна та відповідну кількість соломи ячменю голозерного ярого, або на 9–38 %. **Висновки.** Встановлено, що тривале застосування мінеральних добрив впливає на відносне винесення, коефіцієнт засвоєння та інтенсивність балансу основних елементів живлення за вирощування ячменю голозерного ярого. Розрахунки свідчать, що найвищий коефіцієнт засвоєння азоту становить за внесення  $N_{35}$  – 76,3 %, а збільшення дози азотних добрив до 70 кг/га д. р. знижує його до 51,9 %. Застосування фосфорних і калійних добрив сприяє підвищенню цього показника до 55,7–67,1 %, крім варіанту  $N_{70}P_{30}K_{35}$ .

Найнижчий коефіцієнт засвоєння фосфору з добрив отримано за фосфорно-калійної та азотно-фосфорної системи удобрення – 10,8–11,2 %. Найвище засвоєння фосфору з добрив отримано на ділянках, де застосовували 30 кг/га д. р. фосфорних добрив – 35,7–37,0 %. Найвищий коефіцієнт засвоєння калію з добрив за внесення  $N_{70}$  у складі повного мінерального добрива за дози калійних добрив 35 кг/га д. р. – 65,7–70,3 %. Найменше ячменем голозерним яри засвоюється калію на фосфорно-калійній системі удобрення – 18,9 %. Екологічно безпечні показники інтенсивності для фосфору та калію забезпечують системи із застосуванням неповного повернення фосфорних і калійних добрив на тлі 35–70 кг/га д. р. азотних добрив.

**Ключові слова:** ячмінь голозерний ярий, відносне винесення основних елементів живлення, коефіцієнт використання, інтенсивність балансу елементів живлення, зерно, солома.

**Havrylenko V.S. The effect of long-term application of mineral fertilizers on the relative removal, utilization rate and balance intensity of the main nutrients of hulless spring barley**

**Aims.** To determine the relative removal, utilization rate and intensity of the balance of the main nutrients of hulless barley during long-term use of mineral fertilizers. **Methods.** Field, laboratory, calculation-comparative, analysis, statistical. **Results.** It was found that the share of nitrogen in the economic removal of grain is the highest – 63.2–65.5 %. The share of potassium is the lowest – 13.9–15.4 %, and phosphorus – 20.6–21.7 % depending on the experiment variant. It should be noted that fertilizer application increases the share of nitrogen in the economic removal of the main nutrients. Moreover, the share of phosphorus and potassium almost does not change. Potassium share was the highest in the household straw removal – 59.0–62.8 %. Phosphorus share was the lowest – 14.6–16.0 %, and

the share of nitrogen – only 21.2–24.4 % depending on the experiment variant. The relative removal of nitrogen increases from 18.7 to 22.0–24.0 kg/t of grain and the corresponding amount of straw, or by 18–28 % in nitrogen containing variants. The use of phosphorus-potassium system ensures this indicator at the level of 19.4 kg/t or by 4 %. The use of mineral fertilizers increases the relative removal of phosphorus from 7.7 to 8.5–10.1 kg/t or by 10–31 %, and potassium – from 13.7 to 15.0–18.9 kg/t of grain and the corresponding amount of hulless spring barley straw, or by 9–38 %. **Conclusions.** It was established that the long-term application of mineral fertilizers affects the relative removal, uptake coefficient and balance intensity of the main nutrients during the cultivation of hulless spring barley. Calculations show that the highest nitrogen uptake coefficient is 76.3 % when applying  $N_{35}$ , and increasing the dose of nitrogen fertilizers to 70 kg/ha per year reduces it to 51.9 %. The use of phosphorus and potassium fertilizers helps to increase this indicator to 55.7–67.1 %, except for  $N_{70}P_{30}K_{35}$  variant. The lowest uptake coefficient of phosphorus from fertilizers was obtained with the phosphorus-potassium and nitrogen-phosphorus fertilization systems – 10.8–11.2 %. The highest uptake of phosphorus from fertilizers was obtained in the areas where 30 kg/ha of phosphorus fertilizers were applied – 35.7–37.0 %. The highest uptake rate of potassium from fertilizers when applying  $N_{70}$  as part of a complete mineral fertilizer at doses of potassium fertilizers of 35 kg/ha per year is 65.7–70.3 %. Hulless barley absorbs the least amount of potassium on the phosphorus-potassium fertilization system – 18.9 %. Ecologically safe indicators of intensity for phosphorus and potassium are ensured by systems using incomplete return of phosphorus and potassium fertilizers on the background of 35–70 kg/ha of nitrogen fertilizers.

**Key words:** hulless spring barley, relative removal of the main nutrients, utilization rate, intensity of nutrient balance, grain, straw.