




**original article** | UDC 633.15:631.81,033: 631.445.21(447.81) | doi: 10.31210/visnyk2021.02.01**REMOVAL AND RETURN OF MAIN NUTRIENT ELEMENTS WITH BARLEY (*HORDIUM VULGARE* L.) PRODUCTS ON LIMED SOD-PODZOLIC SOIL OF WESTERN POLISSIA**

V. M. Poliovyi*

L. A. Yashchenko

H. F. Rovna

B. V. Huk

ORCID  [0000-0002-3133-9803](https://orcid.org/0000-0002-3133-9803)ORCID  [0000-0003-1407-0133](https://orcid.org/0000-0003-1407-0133)ORCID  [0000-0002-7599-5650](https://orcid.org/0000-0002-7599-5650)ORCID  [0000-0002-8666-2667](https://orcid.org/0000-0002-8666-2667)

Institute of Agriculture of Western Polissia of the National Academy of Agrarian Sciences, village of Shubkiv, Rivne region, 35325, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: rivne_apv@ukr.net

How to Cite

Poliovyi, V. M., Yashchenko, L. A., Rovna, H. F., & Huk, B. V. (2021). Removal and return of main nutrient elements with barley (*Hordium vulgare* L.) products on limed sod-podzolic soil of Western Polissia. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 13–19. doi: 10.31210/visnyk2021.02.01

The nutrient elements' removal is determined by the amount of their accumulation in the harvested part of the product. The aim of research was to determine the level of removal and return part of the main elements with spring barley straw in the soil, and the relative amount of removal per 1 ton of grain and straw. Different doses and types of lime materials (0.5–1.5 Ha of dolomite and 1.0 Ha of limestone), and recommended rate of fertilizers ($N_{90}P_{90}K_{90}$) under spring barley with addition of sulfur S_{40} and microelements (ME) in the form of Nutrivant Plus grain micro-fertilizer were studied while conducting chemical reclamation of sod-podzolic soil. Liming and fertilizing had a positive effect on the grain and straw yield and changing the structure of barley plants. A wider ratio between grain and straw such as 1: 1.09 and 1: 1.04 in the variants of control and at application of $N_{90}P_{90}K_{90}$ indicated the increased development of by-products (straw). Decreasing grain: straw ratio to 0.83–0.96 on the limed variants affected the amount of nitrogen, phosphorus and potassium removal more than the dynamics of elements' content depending on the yield of grain and straw. The higher NPK content in the dry matter was observed in variants with the addition of sulfur (S_{40}) and Nutrivant Plus grain micro-fertilizer (2 kg/ha) in foliar application. Different levels of NPK removal were registered at changing the content of elements and yield of barley grain and straw. In grain, the highest amount of removal was noted for nitrogen (38.4–66.3 kg/ha) and phosphorus (18.1–31.7 kg/ha), while in straw potassium prevailed (36.5–45.8 kg/ha). Nutrients return with straw to the soil depended on fertilizing and liming and was at the level of 34.1–38.7 % for nitrogen, 19.2–30.9 % for phosphorus, 63.9–73.4 % for potassium of the total removal by plants. Thus, potassium return was by 2.0–2.7 times higher than that of nitrogen and phosphorus. The removal by 1 ton of straw on average according to the results of the research (without control) was 8.5 kg/t of nitrogen, 2.5 kg/t of phosphorus and 11.0 kg/t of potassium. These indicators can be used for developing nutrition system of the next crop depending on by-product amount and returning it at adding barley residues to the soil.

Key words: barley, nitrogen, phosphorus, potassium, grain, straw, total uptake, return, removal.

ВИНЕСЕННЯ ТА ПОВЕРНЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ З ПРОДУКЦІЄЮ ЯЧМЕНЮ (*HORDIUM VULGARE L.*) НА ПРОВАПНОВАНОМУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

В. М. Польовий, Л. А. Яценко, Г. Ф. Ровна, Б. В. Гук

Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, с. Шубків, Рівненська область, Україна

Внесення елементів живлення визначається кількістю їх накопичення в зібраній частині продукції. Мета досліджень – визначити рівень господарського внесення та повернення частини елементів із соломою ячменю ярого, величину виносу на 1 т зерна і соломи. Дослідження проводили за умови хімічної меліорації дерново-підзолистого ґрунту різними дозами, визначеними за показником гідролітичної кислотності ґрунту (H_2), і видами вапнякових матеріалів (0,5–1,5 H_2 доломітового і 1,0 H_2 вапнякового борошна), систематичного внесення рекомендованої норми добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) під ячмінь ярий із додаванням сірки S_{40} і мікроелементів (ME) у формі мікродобрива Нутривант Плюс зерновий. Вапнування і удобрення мало позитивний вплив на урожайність зерна і соломи ячменю, зміну структури рослин. У контролі та в разі внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ ширше відношення між зерном і соломою 1 : 1,09 і 1 : 1,04 вказує на посилений розвиток побічної продукції. Звуження співвідношення на провапнованих варіантах до 0,83–0,96 вплинуло на величину виносу азоту, фосфору і калію переважно через урожайність зерна і соломи, ніж динаміки вмісту елементів. Істотніші показники вмісту NPK у сухій речовині відзначено за умови додавання сірки (S_{40}) і мікродобрива Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га) позакоренево. За рахунок зміни вмісту елементів і урожайності в зерні і соломі спостерігаються різні рівні виносу NPK. У зерні найвища кількість внесення відзначена для азоту (38,4–66,3 кг/га) і фосфору (18,1–31,7 кг/га), тоді як у соломі переважав калій (36,5–45,8 кг/га). Тобто повернення азоту із соломою залежно від удобрення і вапнування перебувало на рівні 34,1–38,7 %, фосфору 19,2–30,9 %, калію 63,9–73,4 % від господарського виносу. Отже, повернення останнього у 2,0–2,7 рази перевищує азот і фосфор. Внесення на формування 1 т соломи в середньому за результатами досліджуваних варіантів (без контролю) становило 8,5 кг/т азоту, 2,5 фосфору і 11,0 кг/т калію. Цей показник є більш стабільною величиною, що дозволить корегувати систему живлення наступної культури залежно від кількості побічної продукції та повернення елементів при її зароблянні у ґрунт.

Ключові слова: ячмінь, азот, фосфор, калій, зерно, солома, господарське внесення, повернення, винос одиницею урожаю.

Вступ

Ярі зернові культури загалом позитивно реагують на агрохімічний фон і умови вирощування, тому реалізація продуктивних можливостей ячменю в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах значною мірою залежить від оптимізації цих факторів. Для умов Західного Полісся на ґрунтах із низькою природною родючістю проведення хімічної меліорації є визначальним чинником продуктивності культури поряд із оптимальною системою живлення, яка повинна розроблятися з урахуванням необхідних вимог культури до кількісного і якісного складу поживних речовин [1].

Величина виносу елементів живлення є базовою основою при визначенні норм добрив на плановану урожайність практично всіма балансово-розрахунковими методами та при вивченні питань балансу поживних елементів [2]. Накопичення поживних речовин культурою значною мірою залежить від біологічного урожаю та концентрації поживних речовин у рослині на клітинному рівні [3]. Динаміка вмісту елементів живлення в рослинному організмі зумовлена дією факторів, найбільш визначальними серед яких є використання добрив [4], чергування культур у сівозміні [5], реакції ґрунтового розчину [6].

Відчуження елементів живлення із ґрунту визначається кількістю їх накопичення у зібраній частині продукції. Вилучення всієї надземної продукції зернових культур із полів має негативні наслідки впливу на властивості ґрунту та кругообіг поживних речовин. Видалення соломи збільшує швидкість виснаження поживних речовин порівняно із системами, де видаляється лише зерно [8]. Отже, потреба рослин у елементах живлення характеризується величиною виносу тієї їх частини, яка міститься в товарній продукції і вивозиться з поля під час збирання врожаю [9].

Потрібно зазначити, що загальний винос елементів залежить не тільки від рівня урожайності, але й низки факторів, які впливають на її формування, таких як ґрунтово-кліматичні умови, норми застосованих добрив, сортові особливості [10]. За даними [11] на формування 1 тони зерна та відповідної кількості побічної продукції ячмінь ярий виносить із ґрунту 14–27 кг азоту, 11–15 кг фосфору та 13–24 кг калію. Тоді як у дослідженнях [12] відносний винос азоту вимірювався в межах 18,0–22,3 кг, фосфору – 8,5–9,8 кг, калію – 16,7–28,0 кг. За багаторічними показниками [13] винос основних елементів на одиницю продукції коливався від 19 до 44 г/т по азоту, від 8 до 15 – по фосфору, від 15 до 44 кг/т по калію. Тому істотна варіабельність даних та недостатня інформативність для умов Західного Полісся потребують уточнення щодо відносного виносу поживних елементів продукцією ячменю ярого, що дозволить урахувати рівень їх повернення та обґрунтувати раціональні системи живлення культури для дерново-підзолистого ґрунту.

Мета досліджень встановити величину виношення азоту, фосфору і калію продукцією ячменю ярого, рівень можливого повернення елементів із соломною, а також показник їх відносного виносу залежно від удобрення і вапнування на дерново-підзолистому зв'язано-піщаному ґрунті Західного Полісся.

Матеріали і методи досліджень

Польові дослідження проведені у стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН. Досліджувана культура – ячмінь ярий, який вирощувався 2017, 2019, 2020 рр. на дерново-підзолистому зв'язано-піщаному ґрунті в сівозміні: пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, ріпак озимий. Площа посівної ділянки 99 м², облікової 50 м², повторність – триразова, розміщення – послідовне. Технологія вирощування загальноприйнята для зони Полісся [14].

Мінеральні добрива N₉₀P₉₀K₉₀ вносили в основне удобрення відповідно до схеми досліді у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого. Норма хімічних меліорантів визначена за величиною гідролітичної кислотності ґрунту (Нг) і внесена перед закладанням стаціонарного досліді. Для поза-кореневого підживлення мікроелементами (МЕ) використовували добриво Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га) у фазу кущення і на початку виходу в трубку.

Аналіз рослинного матеріалу в повітряно-сухому стані на вміст елементів живлення після мокрого озолення за К'ельдалем проводили методами: азот – із реактивом Несслера, фосфор фотометрично, калій методом полуменевої фотометрії.

Результати досліджень та їх обговорення

Урожайність є найбільш об'єктивною оцінкою тієї чи тієї системи удобрення і визначає рівень споживання елементів. Величина урожайності ячменю ярого досліджувалася за умови систематичного внесення рекомендованої норми добрив і проведення хімічної меліорації різними дозами і формами вапнякових матеріалів. Установлено, що поліпшення умов живлення культури лише за рахунок мінеральних добрив є недостатнім заходом для конкурентоспроможного вирощування ячменю ярого на дерново-підзолистому ґрунті, який зазвичай відносяться до кислих за реакцією ґрунтового розчину. Отриманий рівень урожайності зерна 2,23 т/га у варіанті N₉₀P₉₀K₉₀ був істотно нижчим порівняно з іншими. На провапнованому ґрунті урожайність збільшувалася пропорційно дозі доломітового борошна від 2,98 т/га за 0,5 Нг до 3,76 т/га за 1,5 Нг дози. Позитивний вплив вапнування на ріст і врожайність ячменю також відзначено низкою авторів [15, 16].

Для порівняння ефективності дії хімічних меліорантів у схему включено варіант із внесенням 1,0 Нг норми СаСО₃. Отримані дані показали на 5,80 % вищу врожайність зерна ячменю в разі застосування доломітового борошна, що, імовірно, пов'язано з наявністю в ньому крім кальцію також і магнію, який, як правило, є дефіцитним на легких ґрунтах.

Інтегральним показником, який впливає на достовірність розрахунків щодо виношення поживних речовин, є вміст елементів у сухій речовині. Варто відзначити низьку реакцію ячменю ярого на зміну дози вапнякового матеріалу щодо вмісту азоту, фосфору і калію у варіантах досліді (табл. 1).

Більшою мірою на показники вмісту мало додавання сірки (S₄₀) і мікродобрива Нутривант Плюс зерновий. Порівняно з контролем у зерні вміст азоту, фосфору і калію збільшився на 0,1–0,11 абсолютних %. Також у зерні всіх досліджуваних варіантів відзначено переважання азоту, що є причиною підвищеної його потреби для злакових культур.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

1. Уміст елементів живлення в рослинах ячменю ярого, % на суху речовину (середнє за 2017, 2019, 2020 рр.)

Варіант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив – контроль	1,70	0,75	0,56	0,92	0,24	1,29
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон	1,72	0,81	0,59	0,93	0,27	1,41
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	1,74	0,79	0,60	0,95	0,32	1,31
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	1,77	0,80	0,61	0,97	0,30	1,35
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀	1,79	0,84	0,64	1,11	0,33	1,43
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀ +ME	1,80	0,86	0,67	1,15	0,35	1,45
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	1,76	0,77	0,62	1,10	0,29	1,32
Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	1,75	0,87	0,61	1,08	0,24	1,34

Солома містить менше Р і N, ніж зерно, але більшу частку К [8]. Коли обидва зерно та солома вивозяться з полів, виснаження поживних речовин у ґрунті (особливо К) відбувається швидше порівняно зі збиранням урожаю тільки зерна [17].

Діапазон вмісту калію у соломі змінювався від 1,29 % на контролі до 1,45 % у найбільш інтенсивно удобреному варіанті. Певні зміни також відзначено для азоту і фосфору. У сухій речовині соломи їхній вміст був значно меншим, що може свідчити про їх переміщення під час формування врожаю з вегетативних у генеративні органи.

Винос елементів живлення врожами сільськогосподарських культур належить до найважливіших агроекологічних показників, насамперед тому, що є важливою статтею їх балансу і одним із критеріїв оцінки ступеня виснаження ними ґрунту [18]. Розрахунки показали, що найбільшим виносом азоту характеризується зерно, кількість якого залежно від досліджуваних умов збільшилося від 1,78 до 3,08 раза порівняно з варіантом без добрив (рис. 1). Тоді як винос соломою був на 7,9–31,9 кг/га меншим, ніж зерном. Така тенденція спостерігається і для фосфору з різницею між показниками 5,9–20,5 кг/га на користь зерна. Для калію відзначено переважання виносу соломою над зерном. При цьому у варіантах із ширшим відношенням побічної продукції винос калію соломою у 2,25–2,6 раза переважав винос зерном.

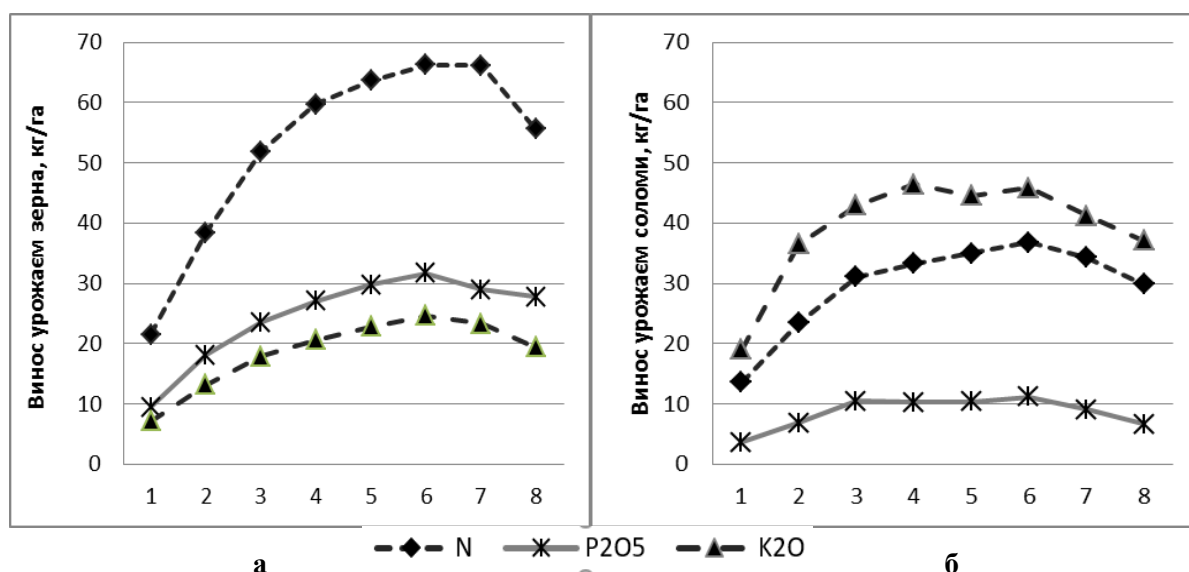


Рис. 1. Винесення елементів живлення урожаєм основної (а) і побічної (б) продукції в разі вапнування і удобрення, кг/га (середнє за 2017, 2019, 2020 рр.)

Примітки: Варіанти досліду: 1. – Без добрив (контроль); 2. – N₉₀P₉₀K₉₀ (фон); 3. – Фон + CaMg(CO₃)₂ (0,5 Нг); 4. – Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг); 5. – Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) + S₄₀; 6. – Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) + S₄₀+ME; 7. – Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,5 Нг); 8. – Фон + CaCO₃ (1,0 Нг)

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИНИЦТВО

При цьому варто зазначити, що на провапнованому ґрунті додавання сірки (S_{40}) і мікроелементів у формі мікродобрива Нутривант Плюс зерновий до традиційних мінеральних добрив зумовило найвищі показники вносу за всіма досліджуваними елементами як у зерні, так і соломі. Отже, за умов посиленого мінерального живлення проведення вапнування кислого дерново-підзолистого ґрунту сприяє поліпшенню умов живлення і збільшенню вносу елементів: найінтенсивніше азоту і фосфору зерном, калію – соломою.

Отже, результати розрахунків показали, що елементи живлення містяться в основній і побічній продукції в різній кількості та співвідношенні, що вплинуло на загальний господарський винос урожаєм ячменю ярого у досліді. Залишена органічна речовина побічної продукції в полі дає змогу компенсувати частину винесених елементів на формування продуктивності культури. За результатами [19] заорювання соломи в зерновій сівозміні забезпечує надходження у ґрунт на кожен гектар сівозмінної площі від 32,6 до 61,1 кг азоту, 12,4–24,5 кг фосфору та 46,4–90,9 кг калію. Зважаючи на показники винесення соломою рівень повернення залежно від варіантів досліді становив для азоту 34,1–38,7 %, фосфору 19,2–30,9 %, калію 63,9–73,4 % (табл. 2). Рівень повернення останнього у 2,0–2,7 раза перевищував попередні показники. Тобто, у ґрунт більшою мірою повертається калій порівняно з азотом і фосфором, основна частина яких виноситься із зерном. Такі ж тенденції отримані у зерно-буряковій сівозміні, де винос азоту на 1 га сівозмінної площі у складі побічної продукції щодо загального вносу становив 21,8–25,1%, фосфору – 19,6–22,3, калію – 45,5–49,2 % [20].

2. Показник господарського вносу урожаєм ячменю ярого (середнє за 2017, 2019, 2020 рр.)

Варіант	Господарський винос, кг/га			Вклад соломи у господарський винос елементів, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив - контроль	35,1	13,1	26,1	38,7	27,5	72,8
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон	61,8	24,9	49,7	37,9	27,3	73,4
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5 Нг)	83,0	34,0	60,8	37,5	30,9	70,6
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	93,0	37,3	67,0	35,8	27,6	69,3
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀	98,6	40,2	67,3	35,5	25,9	66,1
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀ +ME	103,1	42,9	70,4	35,7	26,1	65,1
Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	100,5	38,0	64,5	34,1	23,7	63,9
Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	85,5	34,3	56,5	35,0	19,2	65,7

3. Винесення елементів живлення на формування одиниці продукції ячменю ярого, кг/т (середнє за 2017, 2019, 2020 рр.)

Елемент живлення	Контроль – без добрив	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ – фон	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (0,5Нг)	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг)	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) + S ₄₀ +ME	Фон + CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг)	Фон + CaCO ₃ (1,0 Нг)	середнє по варіантах (без контролю)
Зерно									
N	14,7	15,4	16,7	17,3	17,4	17,2	17,4	17,0	17,2
P ₂ O ₅	6,5	7,2	7,6	7,8	8,1	8,2	7,6	8,5	8,0
K ₂ O	4,9	5,3	5,8	6,0	6,2	6,4	6,1	5,9	6,1
Солома									
N	6,7	7,1	9,2	8,6	8,3	8,2	8,3	8,3	8,5
P ₂ O ₅	1,8	2,1	3,1	2,7	2,5	2,5	2,2	1,8	2,5
K ₂ O	9,3	11,1	12,7	12,0	10,6	10,2	10,0	10,3	11,0
зерно і відповідна кількість соломи									
N	27,7	27,8	27,9	27,6	27,8	28,0	26,7	26,9	27,5
P ₂ O ₅	10,3	11,2	11,4	11,1	11,3	11,6	10,1	10,8	11,1
K ₂ O	20,6	22,3	20,4	19,9	18,9	19,1	17,2	17,8	18,9

Для врахування кількості повернення елементів із урожаєм побічної продукції доцільно користуватися показником винесення на одиницю продукції для конкретної зони вирощування, що дозволить проводити корегування норм удобрення при розробці систем живлення наступних культур у сівозміні, зважаючи на їхню потребу в елементах живлення. Потрібно зазначити, що показник винесення на 1 т є більш стабільним і меншою мірою як господарський винос залежить від зміни умов вирощування [21]. Так, різниця показників відносного винесення між варіантами сумісного застосування 1,0 Нг дози доломітового борошна і мінеральних добрив та при додаванні сірки (S_{40}) і мікроелементів не була істотною (табл. 3).

У середньому у варіантах вивчення досліджуваних чинників відносно винесення для зерна становило 17,2 кг/т азоту, 8,0 фосфору, 6,1 кг/т калію, для соломи 8,5 кг/т, 2,5 і 11,0 кг/т відповідно. Тоді як на формування 1 т зерна і відповідної кількості соломи рослини ячменю в досліджуваних умовах витрачали азоту, фосфору і калію у співвідношенні 1 : 0,4 : 0,7. Відсутність додаткових умов живлення в контролі не мало прямого впливу на величину витрат на одиницю основної і відповідної кількості побічної продукції рослинами, проте вищезазначене співвідношення елементів зберігається.

Тому повернення елементів у ґрунт із побічною продукцією рослинництва може бути технологічно та економічно доцільним агрозаходом для покращення енергетичного та біоелементного балансу ґрунтів у сівозмінах.

Висновки

Уміст і винесення елементів живлення переважно залежали від системи удобрення, ніж від доз і видів вапнякових матеріалів. Найвищі показники винесення як у зерні (66,3 кг/га N, 31,7 P₂O₅, 24,6 кг/га K₂O), так і соломі (36,8 кг/га N, 11,2 P₂O₅, 40,8 кг/га K₂O) відзначено на провапнованому варіанті 1,0 Нг дозою доломітового борошна з додаванням S_{40} і мікродобрива Нутривант Плюс зерновий (2 кг/га) до рекомендованої (N₉₀P₉₀K₉₀) норми. Рівень повернення у варіантах досліду становив 34,1–38,7 % для азоту, 19,2–30,9 % фосфору і 63,9–73,4 % калію. У ґрунт із соломою повертається у 2,0–2,7 рази більше калію, ніж азоту і фосфору. Середні показники відносного винесення із соломою 8,5 кг/т азоту, 2,5 фосфору і 11,0 кг/т калію можуть бути враховані для визначення кількості елементів, що повертаються при заорюванні соломи на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся.

References

1. Poliovyi, V. M., Tkach, Ye. D., Lukashchuk, L. Ya., Povna, H. F., Huk, B. V., & Kurach, O. V. (2020) Productyvnist yachmeniu yarogo zalezno vid udobrennia ta vapnivanja v umovakh Zakhidnogo Polissia. *Agroekologichnyy Zhurnal*, 1, 83–90 doi: 10.33730/2077-4893.1.2020.201276 [In Ukrainian].
2. Kharchenko, O. V., & Sobko, M. H. (Eds.) (2016) *Do problem analitychnoi otsinky efektyvnosti mineralnykh dobruiv nf ekologichnykh obmezhen ikh norm: Monohrafiia*. Kyiv: Universytetska knyga [In Ukrainian].
3. Hansram Mali, J. Choudhary, Dilip Singh, & Rahul Chopra (2017) Yield, nutrient content and uptake of barley (*hordium vulgare* l.) as influenced by varieties and precision nutrient management. *Practices International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4, 156–164.
4. Sakellariou, M., & Mylona, P. (2020) New uses for traditional crops: the case of barley biofortification. *Agronomy*, 10 (12),1964. doi: 10.3390/agronomy10121964
5. Venkatesh, M. S., Hazra, K. K., Ghosh, P. K., Khuswah, B. L., Ganeshamurthy, A. N., Ali, M., Singh, J., & Mathur, R. S. (2017) Long-term effect of crop rotation and nutrient management on soil-plant nutrient cycling and nutrient budgeting in Indo-Gangetic plains of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63 (14), 2007–2022. doi: 10.1080/03650340.2017.1320392
6. Barczak, B., Jastrzebska, M., & Kostrzewska, M. (2019) Biofortification of spring barley grain with microelements through sulfur fertilization. *Journal of Chemistry*, 1–7. doi: 10.1155/2019/8214298
7. Kovacevic, V., & Rastija, M. (2010): Impacts of liming by dolomite on the maize and barley grain yields. *Poljoprivreda*, 16 (2), 2–8.
8. Thomas, C. L., Acquah, G. E., Whitmore, A. P., McGrath, S. P., & Haefele, S. M. (2019). The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations. *Agronomy*, 9 (12), 776. doi:10.3390/agronomy9120776

9. Tsentylo, L.V., & Tsiuk, O.A. (2018) Balans azotu, fosforu i kaliuu za zastosuvannia dobryv. *Naukovi Dopovidi Natsionalnogo Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 5 (75). doi: 10.31548/dopovidi2018.05.020 [In Ukrainian]
10. Clark, R. (1983). Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. *Plant and Soil*, 72 (2/3), 175–196.
11. Tsekhenovich, Yu. V. (1991) Biologicheskii vynos osnovnykh elementov pitaniya yachmenya pri razlichnykh urovnyakh primeneniya udobreniy. *Seriya Selskokhozyaystvennykh Nauk*, 56–59. [In Russian].
12. Shchetko, A. I., & Rybak, A. P. (2014) Vliyanie primeneniya udobreniy na urozhaynost i vynos elementov pytaniya yachmenem pri vozdeleyvanii nadernovo-podzolistoy supeshchanoy pochve. *Agrokhimiya i Pochvovedenie*, 1 (52). 250–256. [In Russian].
13. Varlamov, V. A., Aliyev, A. M., Vaulin, A. V., Kirpichnikov, N. A., & Vaulina G. I. (2012) Vynos NPK pshenitsey i yachmenem na dernovo-podzolistoy tyazhelosuglinistoy pochve TsRNZ RF. *Plodorodie*, 2, 12–14. [In Russian].
14. Zhivotkov, L. A. (Ed.) (1989) *Pshenitsa*. Kyiv: Urozhay [In Russian].
15. Tang, C., Rengel, Z., Diatloff, E., & Gazey, C. (2003). Responses of wheat and barley to liming on a sandy soil with subsoil acidity. *Field Crops Research*, 80 (3), 235–244. doi: 10.1016/S0378-4290(02)00192-2.
16. Kovacevic, J., Lalic, A., Kovacevic, V., & Banaj, D. (2006) Response of barley to ameliorative fertilization. *Cereal Research Communications*, 34 (2), 565–568.
17. Tarkalson, D. D., Brown, B., Kok, H., & Bjorneberg, L. D. (2009) Impact of removing straw from wheat and barley fields: a literature review. *Better Crops*, 3 (93), 17–19.
18. Kaminskyi, V. F., Hanhur, V. V. (2018) Vynos pozhyvnykh rehovyn silskohospodarskymy kulturamy u riznorotatsiinykh sivozminakh Livoberezhnoho Lisostepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnogo Naukovoho Tsentru «Instytut Zemlerobstva NAAN»*, 3, 3–10. [In Ukrainian].
19. Saiko, V. F. (2009) Vukorystannia ta udobrennia pobichnoi productsii roslynnytstva v Ukraini. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 81, 3–9. [In Ukrainian].
20. Zaryshniak A. S., Ivanina V. V., & Kolibabchuk T. V. (2012) Stabilizatsiia biohennoho balansu ta produktyvnist zerno-buriakovoï sivozminy. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 4, 26–30. [In Ukrainian].
21. Tkachenko M. A., & Drach Yu. O. (2016) Vydove genotypne spivvidnoshennia elementiv zhyvlennia yak osnova optymizatsii udobrennia silskohospodarskykh kultur *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnogo Naukovoho Tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 1, 27–35. [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 16.03.2021 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Польовий В. М., Яценко Л. А., Ровна Г. Ф., Гук Б. В. Винесення та повернення основних елементів живлення з продукцією ячменю (*Hordium vulgare* L.) на провапнованому дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 13–19.

© Польовий Володимир Мефодійович, Яценко Людмила Анатоліївна,
Ровна Галина Францівна, Гук Богдан Васильович, 2021