



**Г. М. Господаренко,**  
доктор с.-г. наук,  
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет садівництва  
(м. Умань), Україна  
E-mail: Hospodarenko@gmail.com



**А. Т. Мартинюк,**  
кандидат с.-г. наук, доцент кафедри агрохімії і  
ґрунтознавства, Уманський національний університет  
садівництва (м. Умань), Україна  
E-mail: martynuk\_andriy\_t@ukr.net



**В. П. Бойко,**  
викладач кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет садівництва  
(м. Умань), Україна  
E-mail: boyko\_v.p.@ukr.net

## ЗАСВОЄННЯ І ВИНЕСЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЕМ ЯРИМ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ

**Анотація.** Встановлено вплив тривалого застосування різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу України на вміст основних елементів живлення в зерні та соломі ячменю ярого. Розраховано відносне винесення елементів живлення ячменем ярим залежно від доз різних видів добрив та їх поєднань у польовій сівозміні. Показано, що вміст основних елементів живлення в урожаї ячменю ярого (зерні та соломі) істотно залежить від вмісту їх рухомих сполук у ґрунті. Особливо це стосується азоту і в менше – калію. Господарське вилучення елементів живлення з урожаєм зерна ячменю ярого залежить від доз добрив у польовій сівозміні і співвідношень у них елементів живлення. При цьому найбільшу частку складає азот (65–122 кг/га), потім –  $K_2O$  – 47–92 і  $P_2O_5$  26–51 кг/га. З 1 т зерна та відповідною кількістю соломи ячмінь ярий сорту Командор виносить з ґрунту 19,2–22,4 кг азоту, 7,8–9,2 –  $P_2O_5$  і 14,0–16,8 кг  $K_2O$  залежно від удобрення і насиченості різними видами добрив польової сівозміни. Солома є важливим джерелом відтворення органічної речовини ґрунту й повернення використаних для формування урожаю елементів живлення. Залежно від системи удобрення із соломою ячменю ярого у ґрунт повертається 17–25 % азоту, 25–30 – фосфору і 68–69 % калію від господарського винесення. Уточнено, що на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу на формування одиниці врожаю зерна та відповідної кількості соломи ячмінь ярий сорту Командор засвоює N,  $P_2O_5$  і  $K_2O$  у такому співвідношенні: 1 : 0,4 : 0,3.

**Ключові слова:** ячмінь ярий, чорнозем опідзолений, удобрення, основні елементи живлення, зерно, солома.

**H. M. Hospodarenko,**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science, Uman National Horticulture University (Uman), Ukraine

**A. T. Martyniuk,**

PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science, Uman National Horticulture University (Uman), Ukraine

**V. P. Boiko,**

Teacher of the Department of Agricultural Chemistry and Soil Science, Uman National Horticulture University (Uman), Ukraine

### POTASSIUM BALANCE IN THE SOIL AND THE EFFECTIVENESS OF POTASSIUM DEFICIENCY SYSTEM OF FERTILIZATION

**Abstract.** The influence of long-term application of different doses and ratios of mineral fertilizers in field crop rotation on the content of basic nutrients in grain and straw of spring barley has been established. The study was held in the conditions of podzolic black heavy loam soil of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The relative nutrients removal by spring barley depending on the doses of different types of fertilizers and their combinations in the field crop rotation is calculated. It is shown that the content of basic nutrients in the harvest of spring barley (grain and straw) significantly depends on the content of their mobile compounds in the soil. This is especially true of nitrogen and less of potassium. Economic removal of nutrients from the grain harvest of spring barley depends on the doses of fertilizers in the field crop rotation and the ratio of nutrients in them. The largest share is nitrogen (65–122 kg / ha), followed by  $K_2O$  - 47–92 and  $P_2O_5$  26–51 kg / ha. From 1 ton of grain and the corresponding amount of straw, spring barley of the Commander variety removes 19.2–22.4 kg of nitrogen, 7.8–9.2 -  $P_2O_5$  and 14.0–16.8 kg of  $K_2O$  from the soil, depending on the fertilizer and saturation of field crop rotation with different types of fertilizers. Straw is an important source of soil organic matter reproduction and the return of nutrients used for crop formation. Depending on the system of fertilization, 17–25% of nitrogen, 25–30% of phosphorus and 68–69% of potassium are returned to the soil with spring barley straw via economic removal. It is specified that spring

barley of the Commander variety absorbs N, P2O5 and K2O in the following ratio: 1: 0,4: 0,3 to form a unit of grain yield and the corresponding amount of straw in the conditions of podzolic black heavy loam soil of the Right-Bank Forest-Steppe.  
**Key words:** spring barley, podzolic black soil, fertilizers, basic nutrients, grain, straw.

**Постановка проблеми.** Для подальшого розвитку теоретичних положень оптимізації системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні та розроблення практичних рекомендацій із застосування добрив, необхідно встановити, який елемент або елементи живлення, обумовлюють їх ефективність; визначити необхідну кількість засвоєних елементів живлення на формування врожаю; встановити частку засвоєних елементів живлення з ґрунту і добрив за різного удобрення [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Реалізувати потенційну продуктивність сільськогосподарських культур слід не за допомогою високих доз добрив, а оптимізацією всіх властивостей і життєвих процесів у ґрунті, що забезпечують відновлення його родючості, створення поживного, водного, повітряного режимів відповідно до біологічних вимог рослин і оптимального рівня біологічної активності ґрунту за відсутності негативного зсуву мікробіоценозів [2, 3]. Дози мінеральних добрив повинні відповідати збалансованому живленню рослин всіма біогенними елементами з урахуванням екологічних наслідків їх застосування. Оптимізація доз добрив під окремі культури у спеціалізованих сівозмінах вимагає подальшого вдосконалення методів ґрунтової і комплексної діагностики потреби культур в окремих елементах. Всі ці питання вимагають подальшого розширення та поглиблення комплексних досліджень, особливо в стаціонарних агрохімічних дослідах.

У довідниках і спеціальних виданнях є дані про витрати поживних речовин на формування одиниці зерна та відповідну кількість соломи, за якими можна визначити і загальну потребу ячменю ярого в елементах живлення для формування запланованого врожаю. Але відносно винесення елементів живлення ячменем ярим істотно змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов, величини урожаю, відношення в урожаї між зерном і відповідною кількістю соломи, якості зерна та сортових особливостей [4, 5]. Тому, на нашу думку, дані про оптимальний хімічний склад зерна та соломи слід включати до складу обов'язкових показників якості районованих сортів ячменю ярого, тому що основні з них показники (вміст білка, крохмалю тощо) значно залежать від вмісту в продукції макро- та мікроелементів, тобто від

хімічного складу [6, 7].

Високу продуктивність сільськогосподарських культур можна сформувати лише оптимальним рівнем їх забезпечення елементами живлення. Кореневе живлення рослин залежить не лише від їх біологічних особливостей і забезпечення продуктами фотосинтезу. На нього впливає інтенсивність розвитку кореневої системи, структура та вологість ґрунту, реакція ґрунтового середовища, вміст і співвідношення поживних речовин, активність ґрунтової біоти, кореневі виділення тощо [8, 9]. Тому вважається, що проведення листової діагностики мінерального живлення рослин є недостатнім. Її потрібно уточнювати хімічним аналізом рослин. Наприклад встановлено [10], що в пшениці озимій зміна оптимального вмісту елементів живлення на різних типах ґрунтів не перевищує 5 %.

Елементарний склад рослин найбільше залежить від хімічного складу земної кори [11]. Рослини добре реагують на підвищення вмісту рухомих сполук елементів живлення в ґрунті, а тому їх вміст у тканинах змінюється під впливом удобрення [12–14]. Отже, виникає необхідність уточнення рівнів вмісту елементів живлення в рослинах ячменю ярого у конкретних умовах вирощування та засвоєння їх на формування одиниці врожаю.

**Мета статті** – висвітлення питань впливу доз і поєднань різних видів мінеральних добрив у польовій сівозміні на засвоєння та винесення основних елементів живлення ячменем ярим на чорноземі опідзоленому.

**Методика досліджень.** Дослідження проведено в умовах стаціонарного польового досліді [15], закладеному у 2011 році та розміщеному в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, (табл. 1).

У варіанті досліді N<sub>110</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> насиченість добривами 1 га площі сівозміни розраховано для 100%-го компенсування господарського винесення культурами основних елементів живлення. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур 4-пільної польової сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя) і виявляти вплив агрометеорологічних чинників на їх продуктивність та ефективність

Таблиця 1

Схема досліді

Насиченість добривами 1 га площі сівозміни	Сівозміна			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	–	–	–	–
N <sub>55</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>80</sub>	N <sub>35</sub>	N <sub>30</sub>
N <sub>110</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>160</sub>	N <sub>70</sub>	N <sub>60</sub>
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>110</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>160</sub> K <sub>110</sub>	N <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>
N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>55</sub>	N <sub>35</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>60</sub> K <sub>110</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>70</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>55</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>35</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>60</sub> K <sub>55</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>35</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>110</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>30</sub> K <sub>70</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>

добрив. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м<sup>2</sup>, облікова – 72 м<sup>2</sup>. Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні добрива (калій хлористий) вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивування.

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<sub>ккл</sub> – 5,7.

Вирощували ячмінь ярий сорту Командор. Збирання врожаю зерна проводили прямим комбайнуванням. Урожайність соломи обліковували методом пробного снопа.

Вміст азоту, фосфору та калію в рослинних зразках визначали після мокрого озолення [16]. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку між досліджуваними чинниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock [17]: 0,1–0,3 – незначний; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1 – функціональний. Коефіцієнт стабільності досліджуваних показників розраховували за такою формулою:  $K_{stab} = V_{сер} : (max-min)$ , де:  $V_{сер}$  – показник середньої величини;  $max-min$  – різниця між максимальним і мінімальним значенням показника в досліді.

**Основні результати досліджень.** Дослідженнями встановлено певні зміни вмісту основних елементів живлення в зерні та соломі ячменю ярого (табл. 2).

Як видно з даних табл. 2, хімічний склад урожаю залежить від особливостей застосування добрив у сівозміні. Складові врожаю суттєво відрізнялися за вмістом азоту. Найбільший його вміст мало зерно – 1,85–1,96 % у перерахунку на суху речовину, а значно менше його містила солома ячменю ярого – 0,32–0,54 % залежно від варіанту удобрення. Завдяки удобрення вміст азоту в зерні ячменю ярого максимально підвищувався на 6 %, а в соломі – на 69 %. Значно менший вміст азоту в сухій речовині соломи ячменю ярого можна пояснити переміщенням його під час формування врожаю з вегетативних органів у зерно. Проте застосування мінеральних добрив, особливо азотних, сприяло підвищенню вмісту азоту в нетоварній частині врожаю.

Вважається [18, 19], що з основних елементів живлення рослини мають найбільшу здатність регулювати вміст фосфору, але вона є недостатньою, щоб повністю обмежити його засвоєння за високого вмісту в ґрунті.

Дослідження показали (див. табл. 2), що навіть за високих доз внесення мінеральних добрив ( $N_{110}P_{60}K_{80}$ ), вміст фосфору в зерні ячменю ярого підвищувався з 0,68 до 0,76 % у перерахунку на суху речовину. При цьому за

внесення азотних добрив живлення рослин ячменю ярого фосфором також покращувалось, тоді як впливу калійних добрив не було відмічено.

У соломі ячменю ярого вміст фосфору, порівняно із зерном, був значно меншим, проте зміни під впливом удобрення були значними. Так, у соломі він підвищувався під впливом високої дози добрив ( $N_{110}P_{60}K_{80}$ ) лише на 37 %.

Щодо вмісту калію в рослинах, то вчені [20–22] не мають одностайної думки про вплив ґрунтово-кліматичних умов, рівня застосування добрив та інших чинників. Так, у вегетаційному досліді з 14-ма культурами і концентрацією калію від 0,1 ммоль до 1 ммоль поживного розчину лише за вмісту понад 95 мкмоль/л простежувалось незначне підвищення його вмісту в органах рослин [23].

Дослідженнями встановлено (див. табл. 2), що на чорноземі опідзоленому вміст калію в зерні та соломі змінюється під впливом застосування добрив у сівозміні менш суттєво, ніж азоту та фосфору. Навіть застосування калійних добрив у дозі 80 кг/га д. р. на азотно-фосфорному тлі (варіант  $N_{110}P_{60}K_{80}$ ) підвищувало вміст калію в соломі ячменю ярого не більш ніж на 23 %. У зерні це збільшення було суттєвішим – на 13 %.

Розрахунки показали, що рівень вмісту азоту легкогідролізованих сполук у ґрунті (за методом Корнфілда) істотно впливає на вміст його в зерні та соломі ячменю ярого ( $R^2 = 0,86-0,95$ ), залежність між вмістом рухомих сполук фосфору в ґрунті (за методом Чирикова) та вмістом у рослинах менша – ( $R^2 = 0,39-0,49$ ). Між вмістом рухомих сполук калію в ґрунті (за методом Чирикова) та вмістом калію в зерні й соломі спостерігалась відповідно помірна ( $R^2 = 0,30$ ) та істотна ( $R^2 = 0,53$ ) залежність. Це вказує на те, що змінюючи поживний режим ґрунту, можна в певних межах регулювати хімічний склад урожаю.

Показники вмісту основних елементів живлення в складових урожаю та його кількість дозволяють розраховувати господарське їх вилучення з ґрунту. Цей показник також залежить від структури урожаю – відношення між зерном і соломю ячменю ярого.

Розрахунки показали, що в зерні й соломі ячменю ярого елементи живлення містяться не лише в різній кількості, але і в різному співвідношенні (табл. 3).

Із зерном ячмінь ярий з ґрунту виносить найбільше азоту, а найменше – калію. Із соломю калію виноситься в 1,5 рази більше, ніж із зерном. Слід також зазначити, що із зерном виноситься з ґрунту багато фосфору – 20–35 кг  $P_2O_5$ /га залежно від варіанту удобрення.

Внесення на 1 га сівозміної площі  $N_{110}P_{60}K_{80}$

Таблиця 2

**Вміст основних елементів живлення в урожаї ячменю ярого залежно від удобрення в польовій сівозміні (2016–2018 рр.), % на суху речовину**

Варіант досліді	Вміст у					
	зерні			соломі		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Без добрив (контроль)	1,85	0,68	0,54	0,32	0,19	0,91
$N_{55}$	1,87	0,69	0,54	0,40	0,20	0,93
$N_{110}$	1,89	0,70	0,56	0,48	0,22	0,95
$P_{60}K_{80}$	1,87	0,71	0,57	0,36	0,22	1,02
$N_{110}K_{80}$	1,91	0,69	0,60	0,49	0,21	1,08
$N_{110}P_{60}$	1,93	0,75	0,60	0,52	0,25	0,99
$N_{55}P_{30}K_{40}$	1,89	0,70	0,60	0,44	0,22	1,01
$N_{110}P_{60}K_{80}$	1,96	0,76	0,61	0,54	0,26	1,12
$N_{110}P_{30}K_{40}$	1,94	0,71	0,60	0,51	0,25	1,07
$N_{110}P_{60}K_{40}$	1,96	0,75	0,61	0,54	0,26	1,08
$N_{110}P_{30}K_{80}$	1,94	0,72	0,60	0,52	0,25	1,11

порівняно з ділянками без добрив збільшувало винесення з урожаєм ячменю ярого азоту на 88 %, фосфору – 75 і калію – на 84 %.

Нині в господарствах рослинницького напрямку гостро стоїть проблема органічних добрив. Тому залишення на полях нетоварної частини врожаю є одним із джерел повернення органічного вуглецю в ґрунт. Поряд з вуглецем у ґрунт повертаються й елементи живлення. За даними [24], заорювання 4 т/га нетоварної продукції у ланці сівозміни ячмінь ярий–овес–кукурудза дозволяє компенсувати витрати азоту на формування урожайності на 43 %, фосфору – 35, калію – 90 % та підвищує урожайність культур на 15 %.

Як видно з даних табл. 3, з соломкою ячменю ярого у ґрунт може повертатися значна кількість елементів живлення від їх господарського винесення врожаєм. З практичного погляду для розрахунку доз добрив важливо знати, яка частка елементів живлення, що була використана для формування господарського врожаю, повертається в ґрунт у разі залишення на полі на добриво нетоварної продукції.

Розрахунки показали, що з соломкою ячменю ярого у ґрунт повертається 17–25 % азоту від господарського винесення врожаєм залежно від варіанту дослідів. При цьому слід зазначити, що коефіцієнт повернення зростає з покращенням умов мінерального живлення рослин, особливо азотного. Багато повертається й фосфору – 25–30 % залежно від варіанту дослідів. Коефіцієнт повернення калію з нетоварною частиною врожаю ячменю ярого є найвищим і становить 0,68–0,69. Відомо, що калій в рослинах не утворює складних органічних сполук, а тому після надходження в ґрунт буде легкодоступним наступним культурам сівозміни. Це потрібно врахувати при розробленні системи застосування калійних добрив у сівозміні.

Для розрахунку доз добрив зазвичай користуються показником господарського винесення елементів живлення запланованим урожаєм, хоч це і не відповідає біологічним вимогам культур для його формування. При цьому вважають, що частину елементів живлення рослини візьмуть з ґрунту, а з метою оптимізації їх живлення та відновлення ґрунтової родючості потрібно повернути

лише ті, які будуть витрачені на формування основного і нетоварного врожаю.

Для практичних розрахунків використовують показники відносного винесення елементів живлення на одиницю основної і відповідну кількість нетоварної частини врожаю. Ці показники відносно стабільні, що пояснюється законами постійності хімічного складу рослин і їх вибірковою здатністю поглинати поживні речовини [9]. Показники відносного винесення елементів живлення на одиницю врожаю необхідно постійно уточнювати з врахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону, сортів культури, оскільки вони відрізняються за генотипом, хімічним складом, відношенням товарного врожаю до відповідної кількості нетоварного. Так, за узагальненими даними географічної мережі дослідів [25] вміст азоту, фосфору і калію на неудобрених і удобрених ділянках відрізнявся відповідно на 14; 3 і 13 %, а на неудобрених ділянках між зонами дерново-підзолистих, каштанових і чорноземних ґрунтів відповідно на 37; 57 і 80 %. При цьому витрати поживних речовин на одиницю врожаю за високих доз добрив збільшуються. На думку Б. С. Носка [18], за оптимальний потрібно брати показник вмісту і відносного їх винесення, що відповідає максимальному високоякісному врожаєві. Ці показники також важливі для розрахунку балансу елементів живлення за умов різного використання нетоварної частини врожаю (на добриво, корм чи підстилку для худоби, тощо).

Дані табл. 4 показують, що показники відносного винесення елементів живлення ячменем ярим залежать від системи удобрення. Винесення азоту зерном ячменю ярого залежно від удобрення змінюється від 15,9 до 16,8 кг/т.

Показники винесення фосфору і калію з 1 т зерна ячменю ярого є стабільними. Винесення фосфору частково зростає за покращення умов фосфорного живлення рослин.

З одиницею маси соломи, порівняно із зерном, ячмінь ярий виносять з ґрунту значно менше азоту й фосфору, але значно більше калію.

Як уже зазначалось у практиці для розрахунку доз добрив, особливо за умови видалення нетоварної частини врожаю з поля використовується показник винесення

Таблиця 3  
Господарське винесення основних елементів ячменем ярим за різного удобрення в польовій сівозміні (2016–2018 рр.), кг/га

Елемент живлення	Варіант дослідів										
	Без добрив (контроль)	N <sub>55</sub>	N <sub>110</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>
Зерно											
N	53,8	63,3	69,2	65,1	75,9	85,6	80,1	91,3	85,7	94,9	87,8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19,8	23,4	25,6	24,7	27,4	33,3	29,7	35,4	31,4	36,3	32,5
K <sub>2</sub> O	15,7	18,3	20,5	19,8	23,8	26,3	25,4	28,4	26,5	29,5	27,1
Солома											
N	11,2	16,3	21,1	15,0	23,4	27,7	22,4	30,2	27,0	31,4	28,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,62	8,1	9,7	9,2	10,0	13,3	11,2	14,5	13,3	15,1	13,6
K <sub>2</sub> O	31,7	37,8	41,8	42,6	51,5	52,7	51,4	62,6	56,7	62,7	60,2
Господарське винесення											
N	65,0	79,6	90,3	80,1	99,3	113	103	122	113	126	116
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26,4	31,5	35,3	33,9	37,4	46,6	40,9	49,9	44,7	51,4	46,1
K <sub>2</sub> O	47,4	56,1	62,3	62,4	75,3	79,0	76,8	91,0	83,2	92,2	87,3

Таблиця 4

**Відносне винесення основних елементів живлення зерном і соломом ячменю ярого з ґрунту залежно від удобрення в польовій сівозміні (2016–2018 рр.), кг/т**

Варіант досліду	Продукція					
	Зерно			солома		
	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)	15,9	5,8	4,6	2,75	1,63	7,83
N <sub>55</sub>	16,1	5,9	4,6	3,44	1,72	8,00
N <sub>110</sub>	16,2	6,0	4,8	4,13	1,89	8,17
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	16,1	6,1	4,9	3,10	1,89	8,77
N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	16,4	5,9	5,2	4,21	1,81	9,29
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	16,6	6,4	5,2	4,47	2,15	8,51
N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	16,2	6,0	5,2	3,78	1,89	8,69
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	16,8	6,5	5,2	4,64	2,24	9,63
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	16,7	6,1	5,2	4,39	2,15	9,20
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	16,8	6,4	5,2	4,64	2,24	9,29
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	15,9	5,8	4,6	4,47	2,15	9,55

Таблиця 5

**Відносне винесення основних елементів живлення врожаєм ячменю ярого з ґрунту залежно від удобрення в польовій сівозміні, 2016–2018 рр.**

Елемент живлення	Винесення з 1 т, кг		
	зерна	соломи	зерна та відповідної кількості соломи
Азот (N)	<u>16,4</u> 15,9–16,8	<u>4,0</u> 2,8–4,6	<u>21,2</u> 19,2–22,4
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<u>6,1</u> 5,8–6,5	<u>2,0</u> 1,6–2,2	<u>8,5</u> 7,8–9,2
Калій (K <sub>2</sub> O)	<u>5,0</u> 4,6–5,2	<u>8,8</u> 7,8–9,6	<u>15,6</u> 14,0–16,8

Примітка. Над рискою – середнє значення, під рискою – діапазон змін.

Таблиця 6

**Коефіцієнт стабільності відносного винесення основних елементів живлення ячменем ярим**

Елемент живлення	Винесення з одиницею		
	зерна	соломи	зерна та відповідної кількості соломи
Азот	18,2	2,2	6,6
Фосфор	8,7	3,3	6,0
Калій	8,3	4,9	5,6

елементів живлення на одиницю основної і відповідну кількість нетоварної продукції. Винесення основних елементів живлення з 1 т зерна та відповідною масою соломи не постійна величина, а змінюється в широких межах залежно від рівня врожайності, доз добрив і ґрунтово-кліматичних умов. Як видно з узагальнених даних витрат елементів живлення на формування одиниці врожаю ячменю ярого, ці показники досить стабільні (табл. 5).

Так, з 1 т зерна ячмінь ярий виносить у середньому 16,4 кг азоту, тоді як з 1 т соломи лише 4,0 кг. Витрати фосфору й калію на формування врожаю зерном й відповідної кількості соломи, порівняно з азотом, незначні – відповідно 6,1 і 5,0 кг/га.

На формування врожаю одиниці товарної і відповідну кількість нетоварної продукції ячмінь ярий засвоює елементи живлення у такому співвідношенні N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O: – 1 : 0,4 : 0,3. Показник відносного винесення основних елементів живлення різними частинами врожаю ячменю ярого має неоднакову стабільність (табл. 6). Це пояснюється законами генетичної спадковості рослин.

Так, найстабільнішим є вміст основних елементів живлення в зерні, а найменш стабільним – вміст калію й фосфору в соломі. Коефіцієнт стабільності калію залежно від продукції змінювався в межах 4,9–8,3.

**Висновки.** 1. Вміст основних елементів живлення в урожаї ячменю ярого істотно залежить від поживного режиму ґрунту. Особливо це стосується азоту і в меншій мірі калію.

2. У господарському вилученні елементів живлення з урожаєм зерна ячменю ярого найбільшу частку складає азот (65–122 кг/га), потім – K<sub>2</sub>O – 47–92 і P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 26–51 кг/га залежно від удобрення в сівозміні. З 1 т зерна та відповідною кількістю соломи ячмінь ярий сорту Командор виносить з ґрунту 19,2–22,4 кг азоту, 7,8–9,2 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 14,0–16,8 кг K<sub>2</sub>O.

3. Із соломом ячменю ярого у ґрунт від господарського винесення повертається 17–25 % азоту, 25–30 – фосфору і 68–69 % калію залежно від системи удобрення.

4. На формування одиниці врожаю зерна та відповідної кількості соломи ячмінь ярий засвоює N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і K<sub>2</sub>O у такому співвідношенні: 1 : 0,4 : 0,3.

## Література

- Ещенко В. О., Опришко В. П. Екологічні основи проектування польових сівозмін. 36. наук. праць Уманського с.-г. інституту. Київ: Сільгоспсвіта, 1994. С. 31–36.
- Минеев В. Г., Ремпе Е. Х. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений. *Агрохимия*. 1991. №3. С. 35–48.
- Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку XXI століття. / За ред. С. А. Балука, М. М. Мірошниченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.
- Стасіневич О. Ю. Вплив тривалого застосування добрив на родючість чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу України, врожайність та якість сортів ячменю ярого: автореф. ... дис. канд. с.-г. наук: 06.01.04 – агрохімія. Київ, 2007. 20 с.
- Управління якістю зерна ячменю; рекомендації. За ред. М. М. Мірошниченка. Харків: Вид-во Харківського НАУ, 2010. 56 с.
- Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України (довідково-нормативна інформація) / За ред. С. А. Балука, М. В. Лісового. Харків: Смуґаста типографія, 2016. 46 с.
- Справочник по зерновим культурам / под ред. И. М. Карасюка. Киев: Урожай, 1991. 320 с.
- Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 560 с.
- Ткаченко М. А., Драч Ю. О. Видове генотипове співвідношення елементів живлення як основа оптимізації удобрення сільськогосподарських культур. 36. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. Вип. 1. С. 113–123.
- Ягодина Б. А., Буторина Е. П., Феофанов С. Н. Уточнение некоторых вопросов применения тканевой диагностики в регулировании азотного питания озимой пшеницы. *Агрохимия*. 1993. №4. С. 19–28.
- Вибрані праці академіка В. І. Вернадського. Київ, 2011. Т. 1. Кн. 2. 584 с.
- Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина. За ред. А. І. Фатєєва. В. П. Самохвалової. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
- Загорча К. Л. Оптимізація системи удобрення в польових севооборотах. Кішинев: Штиінца, 1990. 288 с.
- Ильин В. Б. Элементарный химический состав растений. Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.
- Стационарні польові дослідження України. Київ: Аграрна наука, 2014. 146 с.
- Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору і калію в одній наважці рослинного матеріалу: МВВ 31–497058–019–2005. Методика визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків: Типографія №13, 2005. Кн. 2. С. 189–208.
- Chaddock R. E. Exercises in statistical methods. Houghton, 1952. 166 p.
- Носко Б. С. Фосфор у ґрунтах і землеробстві України. Харків: ФОП «Бровін О. В.», 2017. 476 с.
- Туева О. Ф. Фосфор в питанні рослин. Москва: Наука, 1966. 296 с.
- Господаренко Г. М. Основні принципи побудови системи удобрення в польовій сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство (специвипуск)*. Кн. 3. Харків, 2002. С. 200–203.
- Ивойлова А. В., Шильников И. А., Шелкунова А. В. Вынос N, P, K и Ca культурами зернопопашного севооборота. *Агрохимия*. 1990. №1. С. 26–32.
- Нікітіна О. В. Зміна калійного стану чорнозему опідзоленого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.04 – агрохімія. Харків, 2017. 23 с.
- Acher C. J., Ozanne P. L. Calcium and potassium content of plant in solution cultures maintained at constant potassium concentration. *Soil Sci.* 1963. V. 103. P. 155.
- Клименко І. І. Вплив системи удобрення на продуктивність культури ланки зерно-просапної сівозміни та родючість темно-сірого опідзоленого ґрунту: автореф. дис. канд. ... с.-г. наук: 06.01.04 – агрохімія. Київ, 2015. 22 с.
- Юркін С. Н., Пименов Е. А., Макаров Н. Б. Почвенно-зональные различия расхода питательных веществ в связи с применением удобрений. *Агрохимия*. 1979. №12. С. 127–130.

## References

1. Yeshchenko, V.O., Opryshko, V.P. (1994). Ecological bases of field crop rotation design. In *Collection of scientific works of Uman agricultural institute (pp.31-36)*. Kyiv, Silhosposvita. (In Ukrainian)
2. Mineyev, V. G., Rempe, E. Kh. (1991). Environmental consequences of prolonged use of high doses of mineral fertilizers. *Agrochemistry*, 3, 35-48. (In Russian)
3. Baliuk, S.A., Miroshnychenko, M.M. (Eds.). (2016). *The system of fertilization of agricultural crops in agriculture at the beginning of the XXI century*. Kyiv, Alfa-stevia. (In Ukrainian)
4. Staniiyevych, O.Yu. (2007). The influence of long-term application of fertilizers on the fertility of podzolic black soils on Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, yield and quality of spring barley varieties [Synopsis thesis (PhD): 06.01.04 - agrochemistry, Kyiv]. (in Ukrainian)
5. Miroshnychenko, M.M. (Ed.). (2010). *Barley grain quality management: recommendations*. Kharkiv, Kharkiv National Agrarian University Publishing. (In Ukrainian)
6. Baliuk, S.A., Lisovyi, M.V. (Eds.). (2016). *Handbook of normative indicators of crop product quality in different soil and climatic zones of Ukraine (reference and regulatory information)*. Kharkiv, Smuhasta typografia. (In Ukrainian)
7. Karasyuk, I. M. (Ed.). (1991). *Handbook of grain*. Kyiv, Urozhai. (In Russian)
8. Hospodarenko, H. M. (2019). *Agrochemistry: Textbook*. SIC GROUP UKRAINE LLC. (in Ukrainian)
9. Tkachenko, M.A., Drach, Yu.O. (2016). Species genotypic ratio of nutrients as a basis for optimizing crop fertilization. In *Collection of scientific works of National Research Center "Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine" (pp. 113-123), Vol. 1*. (In Ukrainian)
10. Yagodyn, B.A., Butorina, E.P., Feofanov, S.N. (1993). Clarification of some issues of the use of tissue diagnostics in the regulation of nitrogen nutrition in winter wheat. *Agrochemistry*, 4, 19-28. (In Russian)
11. *Selected works of Academician V. I. Vernadskyi* (2011). Volume 1, Book 2. (In Ukrainian)
12. Fatieieva, A.I., Samokhvalova, V.P., (Eds.) (2012). *Diagnosis of the state of chemical elements of the soil-plant system*. Kharkiv, KP "Miskdruk". (In Ukrainian)
13. Zahorcha, K.L. (1990). *Optimization of the fertilization system in field crop rotations*. Kishinev, Shtiintsa. (In Russian)
14. Ilin, V. B. (1985). *Elementary chemical composition of plants*. Novosibirsk, Nauka. (In Russian)
15. Stationary field experiments in Ukraine. (2014). Kyiv, Agrarian Science. (In Ukrainian)
16. *Plants. Determination of common forms of nitrogen, phosphorus and potassium in one sample of plant material: MVV 31-497058-019-2005. Methods for determining the composition and properties of soils*. (2005). Book 2 (pp.189-2-8). Kharkiv, Typohrafiya #13. (In Ukrainian)
17. Chaddock, R. E. (1952). *Exercises in statistical methods*. Houghton. (In English)
18. Nosko, B.S. (2017). *Phosphorus in soils and agriculture of Ukraine*. Kharkiv, FOP "Brovin O.V." (In Ukrainian)
19. Tueva, O. F. (1966). *Phosphorus in plant nutrition*. Moscow, Nauka. (In Russian)
20. Hospodarenko, H.M. (2002). *Basic principles of construction of fertilizer system in field crop rotation. Agrochemistry and soil science (special issue)*. Book 3. Kharkiv. (In Ukrainian)
21. Ivoilova, A. V., Shilnikov, I. A., Shelkunova, A. V. (1990). Removal of N, P, K and Ca by crops of grain crop rotation. *Agrochemistry*, 1, 26-32. (In Russian)
22. Nikitina, O.V. (2017). Change of potash condition of podzolic black soil with long-term application of fertilizers in field crop rotation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. [Synopsis thesis (PhD): 06.01.04 - agrochemistry, Kyiv]. (In Ukrainian)
23. Acher, C. J., Ozanne, P. L. (1963). Calcium and potassium content of plant in solution cultures maintained at constant potassium concentration. *Soil Science*, V. 103, P. 155. (In English)
24. Klymenko, I.I. (2015). Influence of fertilizer system on crop productivity of grain-row crop rotation and fertility of dark gray podzolic soil. [Synopsis thesis (PhD): 06.01.04 - agrochemistry, Kyiv]. (in Ukrainian)
25. Yurkin, S. N., Pimenov, E. A., Makarov, N. B. (1979). Soil-zonal differences in nutrient consumption due to the use of fertilizers. *Agrochemistry*, 12, 127-130. (In Russian)