

ЗАСВОЄННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ З ҐРУНТУ Й МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПШЕНИЦЕЮ ОЗИМОЮ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Г. М. Господаренко, доктор сільськогосподарських наук, професор

ORCID ID: 0000-0002-6495-2647

Researcher ID: G-5431-2019

О. Д. Черно, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

ORCID ID: 0000-0001-5021-9340

В. В. Любич, доктор сільськогосподарських наук, професор

ORCID ID: 0000-0003-4100-9063

Researcher ID: W-8897-2018

В. П. Бойко, викладач

ORCID ID: 0000-0002-8139-2039

Уманський національний університет садівництва

Висвітлено результати досліджень впливу тривалого застосування різних доз і співвідношень добрив на чорноземі опідзоленому в польовій сівозміні в умовах Правобережного Лісостепу України на вміст основних елементів живлення в зерні й соломі пшениці озимої, попередником якої була соя. З'ясовано, що за рахунок різних доз, співвідношень і видів добрив вміст азоту в зерні пшениці озимої збільшувався на 13-49%, фосфору – 3-19, а калію – на 6-14%. Із зерном пшениця озима виносить найбільше азоту – 49,4-147,8 кг/га і фосфору – 22,1-51,9 кг P₂O₅/га, а калію – лише 15,0-32,6 кг K₂O/га залежно від врожайності та якості. Розраховано, що із соломкою пшениці озимої у ґрунт повертається 27-33% азоту, 35-36 – фосфору і 74-76% калію від господарського винесення залежно від доз добрив.

Ключові слова: пшениця озима, чорнозем опідзолений, вміст азоту, фосфору і калію, господарське винесення.

Постановка проблеми. Відомо, що пшениця озима добре реагує на застосування добрив, особливо азотних. Одним із методів оптимізації удобрення цієї культури є тривалі польові дослідження з їх застосування. Завдяки стаціонарним дослідженням встановлюють ефективність застосування елементів живлення. Крім цього, уточнюють відносний винос їх на формування врожаю зерна пшениці озимої нових сортів, а також коефіцієнт засвоєння елементів живлення з ґрунту і добрив [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця озима вибаглива до родючості ґрунту, тому високу продуктивність може формувати лише на ґрунтах з оптимальним рівнем їх забезпечення елементами живлення. Для одержання запланованої врожайності дози добрив розраховують з використанням показників винесення азоту, фосфору й калію [2]. Ці величини дають можливість певною мірою оцінити потребу рослин в елементах живлення [3, 4]. В агрохімії прийнято виділяти декілька показників винесення: господарське основною і

нетоварною продукцією з одиниці площі та їх винесення на одиницю маси врожаю основної продукції (нормативне винесення) [5, 6].

Незважаючи на те, що в літературі є досить велика кількість даних про винесення основних елементів живлення пшеницею озимою, в них наводяться лише узагальнені величини, які залежать від низки чинників: ґрунтово-кліматичних умов (за посушливих погодних умов винесення елементів завжди менше, ніж за достатнього зволоження), технології вирощування, реакції ґрунтового розчину, системи удобрення, сортових особливостей тощо [7]. Так, інтенсивні сорти потребують значно більше елементів живлення. За даними вчених, у 1974-1976 рр. різниця за виносом NPK на 1 т зерна різними сортами пшениці озимої наближалася до 6,5%, у 1992-1994 рр. вона становила 13%, а у 2007 р. сягала 16% [8]. За даними [9, 10], на формування врожайності 1 т зерна рослини пшениці озимої виносять з ґрунту 25-35 кг азоту, 11-13 – P₂O₅ і 20-27 кг K₂O. У дослідженнях [11]

для пшениці озимої ці показники становлять N-22,9 кг, P₂O₅ – 6,74, K₂O – 15,2 кг, тоді як за іншими даними [12] – відповідно 29,0; 23,0 та 21,0 кг. На неокультурених ґрунтах винесення з 1 т зерна та відповідною кількістю соломи становить: N – 21,5 кг, P₂O₅ – 11,5 і K₂O – 18,4 кг [13]. Така висока варіабельність цих показників робить їх проблематичними для використання, оскільки при розрахунках доз добрив застосування як завищених, так і занижених показників винесення елементів живлення призводить до зміни величини та якості врожаю й економічних показників ефективності. До того ж ці нормативні показники відносяться до сортів, що були у виробництві 20-30 років, а тому нині невідомо, наскільки змінилися в сучасних сортів. Крім того, рівні удобрення та ґрунтово-кліматичні умови впливають на хімічний склад зерна [14]. Рослини пшениці озимої добре реагують на застосування добрив, що змінює вміст основних елементів живлення у тканинах під впливом удобрення [15]. Отже, необхідно постійно проводити дослідження щодо оптимального вмісту елементів живлення в зерні та солоні пшениці озимої у конкретних умовах вирощування.

Мета досліджень. Виявити специфіку надходження елементів живлення до рослин пшениці озимої залежно від різних доз, співвідношень і видів добрив та родючості ґрунту

і встановити діапазон змін залежно від цих чинників.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено в умовах стаціонарного польового досліду, закладеному у 2011 р. Дослід розміщено в Правобережному Лісостепу України з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи (табл. 1).

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8%, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, рН_{KCl} – 5,7. 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 на зерно – ячмінь ярий – соя) і виявляти вплив агрометеорологічних чинників на їх продуктивність та ефективність добрив. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м², облікова – 72 м². Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні добрива (калій хлористий) вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивування та в підживлення. На добриво також залишали нетоварну частину врожаю культур сівозміни.

Таблиця 1

Схема досліду

Внесено добрив	
на 1 га площі сівозміни	під пшеницю озиму
Без добрив (контроль)	Без добрив (контроль)
N ₅₅	N ₇₅
N ₁₁₀	N ₁₅₀
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀

Облік урожаю зерна пшениці озимої проводили подільночно прямим комбайнуванням, соломи – методом пробного снопа. Вміст азоту, фосфору та калію в рослинних зразках визначали після мокрого оголення за МВВ 31-497058-019-2005, на основі чого розраховували господарський винос елементів

живлення та їх витрати на формування одиниці врожаю. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку між досліджуваними чинниками використовували коефіцієнт кореляції за шкалою R. E. Chaddock: 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 формулою: $K_{\text{стаб}} = V_{\text{сер}}(\text{max} - \text{min})$, де $V_{\text{сер}}$ – показник середньої величини; $\text{max} - \text{min}$ – різниця між максимальним і мінімальним значенням показника в досліді.

Під час проведення дисперсійного аналізу підтверджували або спростовували «нульову гіпотезу». Для цього визначали значення коефіцієнта «р», який показував ймовірність відповідної гіпотези. У випадках, коли $p < 0,05$ «нульова гіпотеза» спростовувалась, а вплив чинника був достовірним.

Виклад основного матеріалу. Дослідженнями встановлено певні зміни вмісту основних елементів живлення в основній і нетоварній частині врожаю пшениці озимої (табл. 2). Встановлено, що за рахунок удобрення вміст азоту в зерні пшениці озимої достовірно істотно збільшувався на 0,22-0,79 абс.%. У сухій речовині соломи вміст азоту був значно меншим, що свідчить про переміщення його під час

формування врожаю з вегетативних у генеративні органи. У середньому за три роки досліджень вміст азоту в зерні пшениці озимої становив 1,61% на суху речовину. Результати досліджень свідчать, що найбільше на цей показник впливало тривале застосування азотних добрив. Так, у варіанті з середнім насиченням площі сівозміни N_{55} вміст азоту зростав до 2,17%, або на 35%, а у варіанті N_{110} – до 2,26%, або на 40% порівняно з ділянками без добрив. За умови насичення площі сівозміни $P_{60}K_{80}$ вміст азоту зростав до 1,82%, або на 13%. Застосування повного мінерального добрива в польовій сівозміні ($N_{110}P_{60}K_{80}$) підвищувало цей показник до 2,37%, або на 47% порівняно з варіантом без добрив. Застосування азотно-калійного та азотно-фосфорного добрива не мало переваг порівняно з повним мінеральним добривом. Насичення площі сівозміни 110 кг/га д. р. азотних добрив на тлі $P_{30}K_{40}$, $P_{60}K_{40}$ і $P_{30}K_{80}$ забезпечувало формування вмісту азоту в зерні на рівні варіанту з повним мінеральним добривом.

Таблиця 2

Вміст основних елементів живлення в урожаї пшениці озимої залежно від доз і співвідношень добрив (2016–2018 рр.), % на суху речовину

Варіант досліджу	Елемент живлення					
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	1	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	1,61	0,46	0,72	0,24	0,49	0,82
N_{55}	2,17	0,48	0,74	0,24	0,49	0,83
N_{110}	2,26	0,50	0,75	0,24	0,48	0,84
$P_{60}K_{80}$	1,82	0,45	0,80	0,25	0,52	0,86
$N_{110}K_{80}$	2,24	0,50	0,76	0,24	0,53	0,96
$N_{110}P_{60}$	2,31	0,51	0,86	0,27	0,56	1,00
$N_{55}P_{30}K_{40}$	2,05	0,51	0,81	0,26	0,54	0,93
$N_{110}P_{60}K_{80}$	2,37	0,52	0,86	0,27	0,56	1,02
$N_{110}P_{30}K_{40}$	2,36	0,51	0,82	0,26	0,53	0,94
$N_{110}P_{60}K_{40}$	2,40	0,52	0,86	0,27	0,54	0,96
$N_{110}P_{30}K_{80}$	2,36	0,51	0,82	0,26	0,55	1,00
<i>HIP₀₅ (min–max)</i>	<i>0,11–0,12</i>	<i>0,02–0,03</i>	<i>0,04–0,05</i>	<i>0,01–0,02</i>	<i>0,02–0,03</i>	<i>0,04–0,05</i>

Примітка. 1 – зерно, 2 – солома. $p=0,002$

Застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні, особливо азотних, сприяло підвищенню його вмісту в нетоварній частині врожаю. Слід відзначити, що тривале застосування азотних добрив найбільше впливало на цей показник порівняно з фосфорно-калійними. Так, застосування лише азотних добрив підвищувало вміст азоту в соломі до 0,48-0,50% на суху речовину або на 4-9% порівняно з варіантом без добрив. Застосування азотних добрив на тлі фосфорно-калійних добрив з різним співвідношенням підвищувало його до 0,51-0,52% або на 11-13%. Очевидно, що тривале застосування азотних

добрив на тлі фосфорно-калійних сприяло вищому поглинанню азоту рослинами порівняно з варіантами N_{55} і N_{110} . Застосування $P_{60}K_{80}$ не змінювало вмісту азоту в соломі пшениці озимої.

Вважається [5], що з основних елементів живлення рослини пшениці озимої можуть змінювати до оптимального вміст фосфору в тканинах, проте за високого його вмісту в ґрунті цей механізм послаблюється.

Дослідження підтвердили, що за поліпшення азотного живлення вміст фосфору в зерні пшениці озимої зростав. Так, у варіантах N_{55} і N_{110} цей показник зростав до 0,74-0,75% або на 3-4%

порівняно з ділянками без добрив (0,72%). У варіантах із застосуванням 30-60 кг/га д. р. фосфорних добрив підвищувало вміст фосфору на 13% за насичення площі сівозміни N₅₅ і на 14-19% за насичення N₁₁₀. У вегетативній масі вміст фосфору, порівняно з генеративними органами, був значно меншим (0,24-0,27%) і зміни під впливом удобрення були незначними. Так, у пшеничній соломі він підвищувався під впливом високого насичення площі сівозміни добривами (N₁₁₀P₆₀K₈₀) лише на 13%.

Отже, навіть за високого насичення площі сівозміни мінеральними добривами (N₁₁₀P₆₀K₈₀) вміст цього елемента в рослинах пшениці озимої підвищувався лише на 19%. У досліді чітко проявився позитивний вплив азотного живлення на вміст фосфору в основній продукції. При цьому за їх внесення живлення рослин фосфором поліпшувалося, тоді як ефективність калійних добрив була слабкою.

Відомо [3, 4, 18, 19], що вміст калію в рослинах пшениці озимої значно змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов та елементів агротехнології. Проте в дослідженнях [20] зазначено, що вміст цього елемента в рослинах майже не змінювався за внесення калійних добрив.

Вміст калію в зерні змінювався від 0,49 до 0,55% на суху речовину залежно від варіанту. У варіантах з насиченням площі сівозміни N₅₅ і N₁₁₀ цей показник не змінювався порівняно з ділянками без добрив – 0,48-0,49%. Тривале застосування в польовій сівозміні P₆₀K₈₀ підвищувало вміст цього елемента в зерні до 0,52 або на 6%. Тривале застосування 40-80 кг/га д. р. калійних добрив підвищувало вміст калію на 10% за насичення площі сівозміни N₅₅ і на 8-14% у варіанті з насиченням N₁₁₀. Вміст калію в соломі змінювався у широкому діапазоні – від 0,82 до 1,02% залежно від варіанту досліді. Тривале насичення площі сівозміни азотними добривами у дозі 55-110 кг/га д. р. сприяло підвищенню вмісту калію до 0,83-0,84%, або більше на 1-2%, порівняно з варіантом без добрив. Тривале застосування фосфорно-калійних добрив підвищувало його вміст на 5%. Слід відзначити, що поліпшення фосфорного живлення сприяло засвоєнню калію рослинами пшениці озимої. У варіанті з насиченням площі сівозміни N₁₁₀P₆₀ підвищувало його на 22% порівняно з варіантом без добрив і на 16% порівняно з варіантом P₆₀K₈₀. Тривале застосування повного мінерального добрива в польовій сівозміні найбільшими дозами підвищувало вміст калію в соломі на 24% порівняно з ділянками без добрив і на 19% порівняно з фосфорно-калійними. Середнє насичення площі сівозміни N₁₁₀P₃₀K₄₀ підвищувало цей показник до 0,94%, або більше на 15%, порівняно

з варіантом без добрив, або нижче на 8% порівняно з повним мінеральним добривом.

Отже, дослідженнями встановлено, що на чорноземі опідзоленому вміст калію в зерні пшениці озимої змінювався під впливом застосування добрив у сівозміні менше, ніж азоту й фосфору. Навіть за насичення площі сівозміни калієм 80 кг/га д. р. за внесення N₁₁₀P₆₀ підвищувало вміст цього елемента в зерні не більше, ніж на 8%. У соломі це збільшення було вищим – на 13-24%.

Розрахунки показали, що рівень вмісту азоту сполук, які легко гідролізуються у ґрунті, істотно впливає на його вміст в основній продукції пшениці озимій (R² = 0,63). Вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті має практично однаковий вплив на його вміст в основній і нетоварній частині врожаю пшениці озимої (R² відповідно 0,70 і 0,67). Найменша залежність між вмістом рухомих сполук в ґрунті та в урожаї була в калію (R² = 0,15-0,21). Це вказує на те, що, змінюючи азотний та фосфорний режими ґрунту, можна цілеспрямовано регулювати хімічний склад урожаю пшениці озимої.

Результати досліджень щодо вмісту основних елементів живлення в зерні й соломі дозволяють обрахувати господарський винос.

Розрахунки показали, що в основній та нетоварній частині врожаю елементи живлення містяться не лише в різній кількості, але й в різному співвідношенні (табл. 3). Господарське винесення зерном і соломною азоту в пшениці озимої був найбільшим порівняно з фосфором і калієм – 73,4-202,9 кг/га залежно від варіанту досліді.

Пшениця озима в польовій сівозміні сильно реагувала на азотну складову добрива. Середнє насичення ґрунту польової сівозміни N₅₅ і N₁₁₀ збільшувало господарське винесення відповідно в 1,7 і 2,0 рази порівняно з варіантом без добрив. Найменше рослини пшениці озимої реагували на застосування фосфорно-калійних добрив, оскільки господарське винесення у варіанті з середнім насиченням P₆₀K₈₀ був у 1,4 рази більший порівняно з ділянками без добрив. Тривале застосування азотно-калійних добрив збільшувало господарське винесення у 2,3 рази, азотно-фосфорні – в 2,5 рази. У варіанті з повним мінеральним добривом цей показник був у 2,8 рази більшим порівняно з контролем. Тривале застосування половини дози від повного мінерального добрива збільшувало господарське винесення у 2,0 рази. Господарське винесення азоту у варіантах з тривалим насиченням N₁₁₀ на тлі P₃₀K₄₀, P₆₀K₄₀, P₃₀K₈₀ був на 4,7-15,3 кг/га меншим порівняно з насиченням 1 га площі сівозміни N₁₁₀P₆₀K₈₀.

Господарське винесення основних елементів живлення культурами сівозміни за різних доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні (2016–2018 рр.), кг/га

Варіант досліджу	Господарський винос								
	зерном			соломою			всього		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив	49,4	22,1	15,0	24,0	12,5	42,8	73,4	34,6	57,8
N ₅₅	92,5	31,6	20,9	34,8	17,4	60,2	127,3	49,0	81,1
N ₁₁₀	108,5	36,0	23,0	40,8	19,6	68,5	149,3	55,6	91,5
P ₆₀ K ₈₀	73,2	32,2	20,9	30,8	17,1	58,8	104,0	49,3	79,7
N ₁₁₀ K ₈₀	120,4	40,8	28,5	45,7	21,9	87,7	166,1	62,7	116,2
N ₁₁₀ P ₆₀	131,1	48,8	31,8	49,2	26,0	96,5	180,3	74,8	128,3
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	101,7	40,2	26,8	43,0	21,9	78,4	144,7	62,1	105,2
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	147,8	53,6	34,9	55,1	28,6	108,1	202,9	82,2	143,0
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	137,2	47,7	30,8	50,4	25,7	92,9	187,6	73,4	123,7
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	144,9	51,9	32,6	53,3	27,7	98,5	198,2	49,6	131,1
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	140,0	48,6	32,6	51,4	26,2	100,9	191,4	74,8	133,5

p = 0,003

Господарське винесення калію пшеницею озимого було у межах 57,8-143,0 кг/га залежно від насичення площі сівозміни. Найбільшим він був за насичення N₁₁₀P₆₀K₈₀ – 143,0 кг/га або більше в 2,5 рази порівняно з ділянками без добрив. Дещо меншим винесення калію було за насичення N₁₁₀P₃₀K₈₀ – 133,5 кг/га або більше в 2,3 рази. Слід відзначити, що тривале застосування азотних добрив найбільше збільшувало господарське винесення калію порівняно з фосфорно-калійними.

Тривале насичення сівозміни азотними добривами значно збільшувало господарське винесення фосфору зерном і соломною. Так, у варіантах з середнім насиченням N₅₅ і N₁₁₀ був більшим відповідно у 1,4 і 1,6 рази порівняно з варіантом без добрив. Середнє насичення площі сівозміни P₆₀K= збільшувало його також у 1,4 рази. Найбільше господарське винесення збільшувалося за насичення площі сівозміни N₁₁₀P₆₀K₈₀ – у 2,4 рази порівняно з варіантом без добрив.

Пшениця озима зерном найбільше виносила азоту – 49,4-147,8 кг/га, менше фосфору – 22,1-53,6 і найменше калію – 15,0-34,9 кг/га залежно від варіанту досліджу. Слід відзначити, що господарське винесення з тривалим насиченням площі сівозміни N₁₁₀ на тлі P₃₀K₄₀, P₆₀K₄₀, P₃₀K₈₀ було близьким до варіанту N₁₁₀P₆₀K₈₀. З соломною найбільшим було винесення калію – 42,8-108,1 кг/га, меншим азоту – 24,0-55,1 і найменше фосфору – 12,5-28,6 кг/га залежно від варіанту досліджу.

Отже, з основною продукцією пшениця озима найбільше виносить азоту, а найменше – калію, а

з нетоварною частиною врожаю, навпаки, калію виноситься більше, ніж азоту. Слід також зазначити, що із зерном виноситься з ґрунту багато фосфору – 22,1-53,6 кг P₂O₅/га залежно від культури і варіанту удобрення. Найбільше фосфору виносилося на ділянках виробничого контролю (варіант N₁₁₀P₆₀K₈₀) – 53,6 кг P₂O₅/га.

Нині у господарствах гостро стоїть проблема органічних добрив. Залишення на полях нетоварної частини врожаю є одним зі шляхів повернення елементів живлення в ґрунт. За даними вчених [21], заорювання 4 т/га соломи у ланці сівозміни соя–овес–кукурудза на зерно дозволяє компенсувати витрати азоту на формування врожаю на 43%, фосфору – 35, калію – 90% та підвищує урожайність культур на 15%.

Інформація про частку елементів живлення, які було використано на формування врожаю зерна й соломи може бути використаною для розроблення системи удобрення.

Найвищим був коефіцієнт повернення калію з нетоварною продукцією – 0,74-0,76 залежно від варіанту досліджу (табл. 4). Коефіцієнт повернення фосфору був нижчим порівняно з калієм, який на ділянках без добрив становив 0,36, а на удобрених – 0,35. Коефіцієнт повернення азоту був майже на рівні повернення фосфору. Розрахунки показали, що з нетоварною продукцією пшениці озимой повертається 27-33% (коефіцієнт повернення 0,27-0,33) азоту від господарського винесення залежно від варіанту досліджу. Коефіцієнт повернення азоту з насиченням площі сівозміни N₅₅P₃₀K₄₀ був на 9%, а в решти варіантів із застосуванням добрив – на 18% нижчим порівняно з варіантом без добрив (0,33).

Коефіцієнт повернення основних елементів живлення в ґрунт із соломою пшениці озимої (2016–2018 рр.), % від господарського винесення

Елемент живлення	Варіант досліджу										
	Без добрив	N ₅₅	N ₁₁₀	P ₆₀ K ₈₀	N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₁₀ P ₆₀	N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀
N	0,33	0,27	0,27	0,30	0,27	0,27	0,30	0,27	0,27	0,27	0,27
P ₂ O ₅	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
K ₂ O	0,74	0,74	0,75	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,75	0,75	0,76

p = 0,004

Отже, коефіцієнт повернення азоту склав 0,27-0,33, фосфору з нетоварною частиною врожаю є більш стабільним показником і знаходиться в межах 0,35-0,36. Стосовно калію, то коефіцієнт його повернення із соломою був найвищим і становив 0,74-0,76. Оскільки калій у рослинах не утворює складних органічних сполук, тому легко вививається з вегетативних органів у ґрунт. Цей калій може бути доступним для засвоєння іншими культурами сівозміни.

Для встановлення дози добрив використовують показник господарського винесення елементів живлення запланованим урожаєм, незважаючи, що він не відповідає біологічним вимогам пшениці для його формування. При цьому вважають, що певну частину елементів живлення рослини можуть використати з ґрунту. Для поліпшення їх живлення та відновлення родючості ґрунту необхідно повернути лише витрачені на формування основного і нетоварного врожаю.

Крім цього, в практиці зазвичай використовують величину відносного винесення елементів живлення на одиницю основного та відповідну кількість нетоварної частини врожаю. Цей показник є відносно стабільним, що зумовлено законом постійності хімічного складу рослин та їх вибірковою здатністю поглинати елементи живлення [22].

Результати, які наведено в табл. 5, свідчать, що відносне винесення основних елементів живлення значно залежить від застосування добрив. Відносне винесення азоту зерном і відповідною кількістю соломи зростало від 20,5 кг/т у варіанті без добрив до 25,6-26,7 кг/т за середнього насичення сівозміни 55-110 кг/га д. р. азотних

добрив або на 25-30%. За тривалого застосування азотно-калійних та азотно-фосфорних добрив цей показник зростав на 30-34%. У варіанті з середнім насиченням площі сівозміни N₅₅P₃₀K₄₀ відносне винесення азоту зростало на 22%, а у варіанті N₁₁₀P₆₀K₈₀ – на 37%. Відносне винесення азоту з тривалим насиченням площі сівозміни N₁₁₀ на тлі P₃₀K₄₀, P₆₀K₄₀, P₃₀K₈₀ був близьким до варіанту N₁₁₀P₆₀K₈₀. Слід відзначити, що відносне винесення азоту найменше зростало від тривалого застосування фосфорно-калійних добрив – на 8% порівняно з варіантом без добрив.

Поліпшення азотного живлення рослин пшениці сприяло зростанню відносного винесення калію. Так, цей показник зростав від 16,2 кг/т до 19,7 кг/т у варіанті з середнім насиченням площі сівозміни N₁₁₀P₆₀K₈₀ або на 22%. Значно нижчим він був за тривалого застосування азотних добрив – 16,3–16,4 кг/т. Відносне винесення калію з тривалим насиченням площі сівозміни N₁₁₀ на тлі P₃₀K₄₀, P₆₀K₄₀, P₃₀K₈₀ було близьким до варіанту N₁₁₀P₆₀K₈₀.

Тривале застосування добрив також сприяло зростанню відносного винесення фосфору від 9,7 кг/т у варіанті без добрив до 11,3 кг/т за середнього насичення площі сівозміни N₁₁₀P₆₀K₈₀ або на 14%. Найменше на нього впливало тривале застосування лише азотних добрив – 9,9 кг/т.

Відносне винесення азоту зерном і соломою змінювалося подібно. Так, на 1 т зерна пшениця виносить від 13,8 до 20,4 кг азоту, від 6,2 до 7,4 фосфору та від 4,1 до 4,8 кг калію залежно від варіанту досліджу. Відносне винесення фосфору й калію соломою було найменшим, а калію – 7,1-8,8 кг/т соломи залежно від варіанту досліджу.

Відносне винесення основних елементів живлення врожаєм пшениці озимої з ґрунту залежно від доз і співвідношення добрив (2016–2018 рр.), кг/т

Елемент живлення	Варіант досліджу										
	Без добрив	N ₅₅	N ₁₁₀	P ₆₀ K ₈₀	N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₁₀ P ₆₀	N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀
Зерно											
N	13,8	18,6	19,4	15,6	19,3	19,9	17,6	20,4	20,3	20,6	20,3
P ₂ O ₅	6,2	6,4	6,4	6,9	6,5	7,4	7,0	7,4	7,0	7,4	7,0
K ₂ O	4,2	4,2	4,1	4,5	4,6	4,8	4,6	4,8	4,5	4,6	4,7
Солома											
N	4,0	4,1	4,3	3,9	4,3	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5	4,4
P ₂ O ₅	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3	2,2	2,3	2,2	2,3	2,2
K ₂ O	7,1	7,1	7,2	7,4	8,3	8,6	8,0	8,8	8,1	8,3	8,6
Зерно та відповідна кількість соломи											
N	20,5	25,6	26,7	22,2	26,6	27,4	25,1	28,0	27,8	28,2	27,8
P ₂ O ₅	9,7	9,9	9,9	10,6	10,0	11,3	10,8	11,3	10,8	11,3	10,8
K ₂ O	16,2	16,3	16,4	17,1	18,6	19,4	18,2	19,7	18,2	18,6	19,3

$p=0,002$

Отже, результати досліджень підтверджують, що показники відносного винесення елементів живлення більше залежать від біологічних особливостей культури, ніж від системи удобрення. Винесення азоту зерном пшениці озимої залежно від удобрення змінюється найбільше – від 13,8 до 20,4 кг/т, що пояснюється значними його витратами на формування білка за поліпшення умов мінерального живлення. Показники винесення фосфору (P₂O₅) і калію (K₂O) 1 т зерна пшениці є більш стабільними і становлять відповідно 6,2-7,4 та 4,1-4,8 кг/т залежно від варіанту досліджу. З одиниці нетоварної частини врожаю, порівняно з товарною, пшениця озима виносить з ґрунту менше азоту й фосфору, але більше калію.

Для визначення дози добрив, особливо за умови видалення нетоварної частини урожаю з поля використовують величину відносного винесення елементів живлення. Величина винесення основних елементів живлення з 1 т зерна та відповідною масою соломи не постійна. Вона змінюється в широких межах залежно від урожайності, доз добрив і ґрунтово-кліматичних умов [14, 18, 19]. Встановлено, що найбільше змінюється винесення азоту порівняно з фосфором і калієм, оскільки пшениця азотofільна культура.

Отже, системи удобрення мають значний вплив на винесення елементів живлення врожаєм

і можливе повернення їх у ґрунт з нетоварною продукцією.

У табл. 6 представлено результати визначення витрат елементів живлення на формування одиниці врожаю пшениці озимої. Як видно з даних табл. 6, з 1 т зерна пшениця озима виносить 13,8-20,6 кг азоту залежно від варіанту досліджу. Винесення азоту нетоварною продукцією є більш стабільним показником – 4,0-4,5 кг/т. Для формування 1 т основної і відповідної кількості нетоварної продукції пшениці озима витрачає 20,5-28,2 кг азоту. Показник витрати фосфору є стабільнішим і змінюється в межах 6,2-7,4, а соломи – лише 2,0-2,3 кг P₂O₅/т. Найменше на формування одиниці зерна витрачалося калію (4,2-4,8 кг K₂O/т), в той же час на формування нетоварної продукції – 7,0-8,8 кг K₂O/т. На формування урожаю одиниці товарної і відповідну кількість нетоварної продукції пшениця озима засвоює елементи живлення в такому співвідношенні N : P₂O₅ : K₂O – 1 : 0,4 : 0,7.

Показник відносного винесення основних елементів живлення має неоднакову стабільність. Це пояснюється законами генетичної спадковості рослин. Так, коефіцієнт стабільності вмісту азоту в товарній продукції становив 2,8, фосфору – 5,8. Коефіцієнт стабільності калію залежно від продукції змінювався в межах 4,4-7,5 і був найменшим у соломі пшениці озимої.

Відносне винесення основних елементів живлення врожаєм пшениці озимої з ґрунту залежно від доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні, 2016–2018 рр.

Винесення з 1 т, кг		
зерна	соломи	зерна та відповідної кількості соломи
Азот (N)		
<u>18,7</u> 13,8-20,6	<u>4,3</u> 4,0-4,5	<u>26,0</u> 20,5-28,2
Фосфор (P ₂ O ₅)		
<u>6,9</u> 6,2-7,4	<u>2,2</u> 2,0-2,3	<u>10,6</u> 9,7-11,3
Калій (K ₂ O)		
<u>4,5</u> 4,2-4,8	<u>7,9</u> 7,0-8,8	<u>18,0</u> 16,2-19,7

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

У проведених дослідженнях тривале застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні достовірно впливало на підвищення вмісту основних елементів живлення в зерні й соломі. Очевидно, що поліпшення мінерального живлення сприяло більшому засвоєнню їх з ґрунту рослинами. Це підтверджено дослідженнями інших вчених [3, 4]. Так, вміст загального азоту в зерні зростав від 2,48% у варіанті без добрив до 2,78% у варіанті P₉₀K₉₀+N₁₅₀. У соломі вміст азоту був у межах 0,47-0,57% залежно від доз і строків застосування азотних добрив [17]. Поглинання азоту і фосфору тритикале триває впродовж усього вегетаційного періоду, але загальний винос елементів живлення залежить від попередника та доз азотних добрив [16]. Встановлено [8], що невисокі дози азотних добрив майже не змінюють хімічний склад рослин. Підвищення їх норми до 120 кг/га д. р. зумовлює зростання вмісту азоту у вегетативній масі впродовж усього періоду вегетації. В зерні вміст азоту може зростати на 0,68 пункти порівняно з контролем (2,25%). У зерні, на відміну від азоту й фосфору, вміст калію був нижчим порівняно з його вмістом у соломі і становив 0,51-0,58%, тоді як у соломі – 1,05-1,14%. Це зумовлено тим, що калій у рослинах знаходиться в іонній формі й не входить до складу органічних сполук клітин. Він впливає на посилення гідратації колоїдів цитоплазми, підвищуючи ступінь дисперсності, що допомагає рослині краще утримувати воду і переносити тимчасові посушливі явища, підвищує холодостійкість рослин, стійкість їх проти грибних і бактеріальних захворювань [18].

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що господарський винос азоту зерном і соломомою змінювався залежно від доз,

видів і співвідношень добрив. У дослідженнях [6, 13] також підтверджено збільшення господарського винесення елементів живлення. Так, у контрольному варіанті в середньому за три роки досліджень господарське винесення азоту склало 129,3 кг/га, який збільшувався до 214,1 кг/га у варіанті із застосуванням N₁₅₀. Господарське винесення фосфору склало відповідно від 37,1 кг/га до 60,9, калію – від 77,2 до 126,5 кг/га. Збільшення господарського та відносного винесення зумовлено підвищенням вмісту елементів живлення в зерні та соломі й формуванням їх більшої врожайності. Відносний винос 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 і у варіанті P₉₀K₉₀ + N₁₅₀ відповідно 30,6; 8,8 і 18,1 кг. Винесення добрив, особливо азотних, підвищує надходження елементів живлення в рослини і винесення їх з урожаєм. Господарський винос азоту може сягати 260 кг/га, P₂O₅ – 90 і K₂O – 180 кг/га [18].

Висновки і перспективи подальших досліджень. Вміст основних елементів живлення в урожаї пшениці озимої істотно залежить від застосування добрив у польовій сівозміні. Особливо це стосується азоту і менше калію. Поліпшення азотного живлення рослин пшениці озимої достовірно впливає на господарське та відносне винесення фосфору й калію. У господарському вилученні елементів живлення з урожаєм зерна пшениці озимої найбільшу частку складає азот (49,4-147,8 кг/га), потім – фосфор (P₂O₅) – 22,1-53,6 і найменше калій (K₂O) – 15,7-29,5 кг/га залежно від варіанту досліду. Для формування 1 т основної і відповідної кількості нетоварної продукції пшениці озима витрачає 20,5-28,2 кг азоту, 9,7-11,3 – фосфору та 16,2–

19,7 кг калію залежно від варіанту досліду. З соломою пшениці озимої у ґрунт від господарського винесення повертається 27–33% азоту, 35–36 – фосфору й 74–76% калію залежно від варіанту досліду. На формування одиниці врожаю зерна та відповідної кількості соломи пшениця озима засвоює N, P₂O₅ і K₂O у такому співвідношенні: 1 : 0,4 : 0,7.

Список використаних джерел:

1. Hlisnikovski L., Kunzova E. Effect of mineral and organic fertilizers on yield and technological parameters of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) on illimerized luvisol. *Polish Journal of Agronomy*. 2014. № 17. P. 18–24.
2. Shejalova S., Cerny J., Mitura K. et. al. The influence of nitrogen fertilization on duality of winter wheat grain. *MendelNet*. Crech Republic. 2014. V. 1. P. 105–109.
3. Ferdoush J. N., Rahman M. M. Effects of boron fertilization and sowing date on the grain protein content of wheat varieties. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*. 2013. № 6(1). P. 41–45.
4. Alferov A. A., Chernova L. S. Agroecosystem stability with the application of fertilizers and biopreparations. *Russian Agricultural Sciences*. 2019. № 45(4). P. 360–363.
5. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ: СІК ГРУП УКРАЇНА, 2019. 560 с.
6. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс основних елементів живлення в ґрунті за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. 2015. Вип. 2. С. 47–50.
7. Макаров В. И. Особенности расчета нормативов выноса элементов питания зерновыми культурами. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014. №5. С. 9–13.
8. Eremin D. V. Agro-economic assessment of mineral fertilizers used in the Tyumen region. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2018. no. 4(72). P. 26–30.
9. Балюк С. А., Лісовий М. В. Довідник нормативних показників якості продукції сільськогосподарських культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України (довідниково-нормативна інформація). Харків: Смуґаста типографія, 2016. 46 с.
10. Buráňová Š., Černý J., Kulhánek M., Vašák F., Balík J. Influence of mineral and organic fertilizers on yield and nitrogen efficiency of winter wheat. *International Journal of Plant Production*. 2015. no. 9. P. 257–271.
11. Popovi V., Maleevi M. Effect of different doses of nitrogen fertilizers and planting density on yield of wheat and triticale. *Plant breeding and seed production*. 2011. Vol. 17, no. 1. P. 61–70.
12. Литвак Ш. И. Системный подход к агрохимическим исследованиям. *Плодородие*. 2012. №2. С. 12–14.
13. Варламов В. А. Вынос NPK пшеницей и ячменем на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве ЦРНЗ РФ. *Плодородие*. 2012. №2. С.12–14.
14. Мірошніченко М. М., Панасенко Є. В., Звонар А. М. Вплив ґрунтово-кліматичних умов, удобрення та сортових особливостей на хімічний склад зерна пшениці озимої. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. №3 (41). С. 55–61.
15. Фатеева А. И., Самохвалова В. П. Диагностика стану хімічних елементів системи ґрунт – рослина. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
16. Любич В.В. Вплив азотного живлення на врожайність і кормові властивості зерна тритикале ярого. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Ґжицького*. 2009. Т. 11, № 2, ч. 3. С. 131–136.
17. 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: електронне наукове видання*. 2010. №2. URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hhmnfa.pdf>.
18. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Вынос калію культурами польової сівозміни і його баланс при тривалому застосуванні добрив. *Вісник аграрної науки*. 1999. №9. С. 21–24.
19. Господаренко Г. М., Любич В. В. Урожайність тритикале ярого за різного вмісту азоту мінеральних сполук у ґрунті. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2011. №82. С. 217–222.
20. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
21. Buráňová Š., Černý J., Mitura K., Lipińska K. J., Kovářik J., Balík J. Effect of organic and mineral fertilizers on yield parameters and quality of wheat grain. *Scientia agriculturae bohemia*. 2016. Vol. 47. P. 47–53.
22. Ткаченко М. А., Драч Ю. О. Видове генотипове співвідношення елементів живлення як основа оптимізації удобрення сільськогосподарських культур. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. 2016. Вип. 1. С. 113–123.

Г. Н. Господаренко, Е. Д. Черно, В. П. Бойко, В. В. Любич. Усвоение основных элементов питания из почвы и минеральных удобрений пшеницей озимой на черноземе оподзоленном Правобережной Лесостепи Украины

Представлены результаты исследований влияния длительного применения различных доз и соотношения удобрений на черноземе оподзоленном в полевом севообороте в условиях Правобережной Лесостепи Украины на содержание основных элементов питания в зерне и соломе пшеницы озимой, предшественником которой была соя. Установлено, что за счет различных доз, соотношений и видов удобрений содержание азота в зерне пшеницы озимой увеличилось на 13-49%, фосфора – 3-19, а калия – на

6-14%. С зерном пшеница озимая выносит больше азота – 49,4-147,8 кг/га и фосфора – 22,1-51,9 кг P₂O₅/га, а калия – только 15,0-32,6 кг K₂O/га, в зависимости от урожайности и качества. Рассчитано, что с соломой пшеницы озимой в почву возвращается 27-33% азота, 35-36 – фосфора и 74-76% калия от хозяйственного выноса в зависимости от доз удобрений.

Ключевые слова: пшеница озимая, чернозем оподзоленный, содержание азота, фосфора и калия, хозяйственный вынос.

H. Hospodarenko, O. Chernov, V. Boiyko, V. Liubych. Assimilation of basic nutrients from soil and mineral fertilizers of grain wheat on the black grain of the podzolized sand of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine

The effect results of prolonged use of different doses and ratios of fertilizers on chernozem podzolized in a field crop rotation under the conditions of Right-Bank Forest-steppe of Ukraine on the content of essential nutrients in winter wheat grain and straw, the precursor of which was soybean, were shown. It has been found that, due to different doses, ratios and types of fertilizers, the nitrogen content of winter wheat grain increased by 13–49%, phosphorus by 3–19%, and potassium by 6–14%. With grain, winter wheat absorbs nitrogen most – 49.4–147.8 kg/ha and phosphorus – 22.1–51.9 kg P₂O₅/ha, and potassium – only 15.0–32.6 kg K₂O/ha, depending on yield and quality. It is estimated that 27–33% of nitrogen, 35–36% – of phosphorus and 74–76% of potassium are returned to the soil with winter wheat straw from economic removal depending on fertilizer doses.

Keywords: winter wheat, podzolic heavy clay loam chernozem, content of nitrogen, phosphorus and potassium, economic removal.



Ця робота ліцензована Creative Commons Attribution 4.0 International License