



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.4:631.8:502:504
© 2025

ВПЛИВ НОРМ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР 5-ПІЛЬНОЇ СІВОЗМІНИ НА БАЛАНС ГУМУСУ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

Р.П. Паламарчук¹, І.В. Безноско², І.М. Городиська³

²доктор біологічних наук, старший дослідник

³кандидат сільськогосподарських наук

*¹Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»
пров. Сеньківський, 3, корп. 3, м. Київ, 03190, Україна*

*^{2,3}Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук України
вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна*

e-mail: ¹prp777@ukr.net, ²beznoskoirina@gmail.com, ³anni0479@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-5965-1305, ²0000-0002-2217-5165, ³0000-0002-1580-3450

Надійшла 25.08.2025

Мета. Дослідити вплив норм добрив на баланс гумусу та елементів мінерального живлення культур 5-пільної зернопросапної сівозміни на дерново-підзолістому ґрунті в умовах радіоактивного забруднення Житомирського Полісся. **Методи.** Польовий (виявлення достовірних різниць впливу систем удобрення на родючість, біологічну активність і забруднення важкими металами та радіонуклідами ґрунту й рослинницької продукції), вимірювально-ваговий (встановлення кількісних показників урожайності сільськогосподарських культур сівозміни), лабораторний (визначення вмісту гумусу, елементів живлення, важких металів, радіонуклідів у ґрунті, якості сільськогосподарської продукції), математико-статистичний (проведення дисперсійного аналізу та статистичної обробки даних для достовірності отриманих результатів досліджень). **Результати.** Дослідження проводили в стаціонарному польовому досліді впродовж 2015 – 2019 рр. на території с. Христинівки Народницького р-ну Житомирської обл. Встановлено, що застосовувані норми удобрення під сільськогосподарські культури 5-пільної зернопросапної сівозміни (овес — люпин — тритикале яре — буряки кормові — кукурудза на зерно)

і фактор сівозміни мали значний вплив на позитивний баланс гумусу та елементів NPK, особливо фосфору й калію. Зокрема, застосування 1-ї норми добрив забезпечувало бездефіцитний баланс гумусу за ротацію сівозміни на рівні +0,07 т/га (інтенсивність балансу – 99%) із найвищими значеннями за вирощування кукурудзи на зерно (+0,67 т/га). Відзначено негативний баланс азоту за ротацію сівозміни на фоні без добрив (– 255,4 кг/га), тоді як за внесення 1-ї норми добрив вдалося стабілізувати баланс азоту до 0,6 кг/га, 2-ї норми – до 6,6 кг/га. Фосфор і калій виявилися найбільш стабільними елементами, їх баланс у середньому по сівозміні за внесення 1-ї норми добрив становив 37,7 і 18,5 кг/га, 2-ї норми – 71,8 і 101,2 кг/га відповідно. Висновки. Внесення мінеральних добрив за 1-ї норми сприяє стабілізації балансу гумусу, формуванню бездефіцитного або позитивного балансу поживних елементів. Застосування підвищеної дози фосфорних і калійних добрив (2-га норма) забезпечує значне поліпшення балансу фосфору та калію, однак не завжди компенсує дефіцит азоту, особливо за вирощування високопродуктивних культур.

Ключові слова: гуміфікація, біологічна активність, азот, фосфор, калій, інтенсифікація, агроценоз, землеробство.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202510-08>

Сучасний агропромисловий комплекс у період ринкових змін потребує активізації процесів вирощування конкурентоспроможних культур, що забезпечує стабільне зростання виробництва товарного зерна. Це набуває особливого значення з огляду на глобальні виклики продовольчої безпеки, зростання попиту на зернові культури та необхідність економічного зміцнення сільськогосподарських підприємств в умовах ринкової економіки. Актуальною є проблема науково обґрунтованого розміщення культур у сівозмінах з урахуванням специфіки ґрунтово-кліматичних умов регіонів та агроекологічної доцільності [1].

Першочерговим також є питання оптимізації поживного режиму ґрунтів з урахуванням обмежених обсягів органічних добрив, зокрема гною — ключового елементу системи удобрення. В цьому контексті великого значення набуває розроблення та впровадження науково обґрунтованих систем мінерального удобрення, здатних забезпечити

комплексне живлення сільськогосподарських культур і сприяти поліпшенню фізико-хімічних характеристик ґрунту [2–4]. Особливо важливим є дослідження впливу норм мінерального удобрення на баланс гумусу та елементів живлення на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся й Західного Лісостепу з низьким умістом гумусу, кислою реакцією ґрунтового розчину, слабкою буферністю та обмеженими запасами N, P, K. За таких умов лише інтеграція органічного й мінерального удобрення (гній + NPK мінеральних добрив + сидерати) забезпечує стабільність гумусного балансу, підвищення мікробіологічної активності та доступність елементів живлення [5, 6].

В умовах інтенсифікації землеробства надзвичайно важливим є розрахунок балансу гумусу та вмісту основних елементів мінерального живлення рослин, що дає змогу здійснювати контроль динаміки родючості ґрунтів за наявної структури посівних площ і рівня застосування

мінеральних та органічних добрив [5, 7]. Результати досліджень підтверджують, що дефіцит гумусу та незбалансованість елементів живлення призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту, зниження його родючості, зменшення врожайності сільськогосподарських культур, а також негативно впливає на водні ресурси й здоров'я людей [7, 8]. Дослідження свідчать про те, що збалансовані системи удобрення, які поєднують органічні та мінеральні компоненти, позитивно впливають на гумусний стан, агрохімічні властивості та загальний баланс поживних елементів. Крім того, у разі застосування довготривалих сівозмін і правильного поєднання культур, що залишають після себе значну кількість біомаси (наприклад, багаторічні бобові), підвищується продуктивність ґрунту та агроценозу [6, 9].

Раціональне удобрення — головний чинник збереження родючості ґрунтів і забезпечення збалансованого колаобігу елементів мінерального живлення в агроecosистемах. Стан балансу гумусу, а також азоту, фосфору й калію визначає рівень біопродуктивності сільськогосподарських культур, стійкість ґрунтової системи до деградаційних процесів і загальний екологічний статус земельних ресурсів.

Мета досліджень — визначити вплив норм добрив на баланс гумусу та елементів мінерального живлення культур 5-пільної зернопросапної сівозміни на дерново-підзолистому глеюватому, супіщаному ґрунті в умовах радіоактивного забруднення Житомирського Полісся.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з вивчення впливу норм удобрення та сівозмінного фактора на баланс гумусу та елементів НРК культур 5-пільної сівозміни проводили в стаціонарному досліді на території с. Христинівки Народицького р-ну Житомирської обл., яке впродовж 2015–2019 рр. належало до 2-ї зони радіоактивного забруднення. Повторення

досліді 3-разове. Розмір дослідної ділянки — 28 м², облікової — 18 м². Розміщення ділянок — систематичне. Сільськогосподарські культури вирощували в 5-пільній зернопросапній сівозміні з таким чергуванням: овес — люпин — тритикале яре — буряки кормові — кукурудза на зерно за відповідних норм удобрення, передбачених робочою програмою (без добрив — контроль, 1-ша та 2-га норми добрив). Розрахунок азотних добрив проводили під кожен культуру на запланований урожай. Норму фосфорних добрив збільшено в 1,5 раза, калійних — у 2 рази в 3-му варіанті.

Дослідження ґрунтових і рослинних зразків проводили в лабораторіях Житомирської філії Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України». У ґрунтових зразках вміст гумусу визначали за Тюрнімом [10], азоту легкогідролізованого — за методом Корнфілда [11], рухомих сполук фосфору і калію — за Кірсановим [12]. Баланс гумусу та поживних речовин здійснювали розрахунковим методом [13, 14].

Результати досліджень. Вирощування таких культур, як овес, люпин, тритикале яре, буряки кормові та кукурудза на зерно, в 5-пільній зернопросапній сівозміні за різних норм мінерального удобрення по-різному впливає на баланс гумусу, який безпосередньо пов'язаний із вмістом органічної речовини, активністю мікроорганізмів та агрохімічними властивостями ґрунту.

У контрольному варіанті досліді (без добрив) за середніми показниками 2015–2019 рр. зафіксовано від'ємний гумусний баланс, що свідчить про ризик виснаження ґрунтів. Маса утвореної органічної речовини становила 3,84 т/га, тоді як втрати гумусу сягали 5,76 т/га, дефіцит — 1,92 т/га (інтенсивність — 67%) (табл. 1).

Залежно від культури сівозміни в балансі гумусу виявлено значні відмінності. Найбільший його дефіцит спостерігали за вирощування кормових буряків

1. Баланс гумусу під культурами 5-пільної зернопросапної сівозміни (без внесення добрив), 2015–2019 рр.

Культура сівозміни	Маса рослинних решток	Утворено гумусу внаслідок розкладання рослинних решток	Витрати гумусу (мінералізація)	Баланс гумусу, +/- т/га	Інтенсивність балансу, %
	т/га				
Овес	3,02	0,75	0,84	-0,09	90
Люпин	2,60	0,68	1,26	-0,58	54
Тритикале яре	3,91	0,94	0,84	0,10	112
Буряки кормові	2,08	0,21	1,50	-1,29	14
Кукурудза на зерно	5,48	1,26	1,32	-0,06	96
За ротацію сівозміни	17,10	3,84	5,76	-1,92	67

(-1,29 т/га; інтенсивність — 14%) та люпину (-0,58 т/га). Вирощування вівса супроводжувалося помірними його втратами (-0,09 т/га; інтенсивність — 90%), що також відображає тенденцію до дегуміфікації.

Позитивний баланс гумусу відзначено за вирощування тритикале ярого (+0,10 т/га; інтенсивність — 112%), що зумовлено великою масою післязжнивних решток. Кукурудза на зерно забезпечувала майже бездефіцитний баланс (-0,06 т/га; інтенсивність — 96%), а кількість утвореного гумусу з рослинних решток становила 1,26 т/га.

За внесення мінеральних добрив (1-ша норма добрив) у 5-пільній зернопросапній сівозміні спостерігали загальну тенденцію до поліпшення гумусного стану ґрунту. Зокрема, дефіцитний баланс гумусу виявлено лише за вирощування буряків кормових, тоді як інші культури забезпечували або бездефіцитний, або позитивний баланс (табл. 2). У середньому за 2015–2019 р. кількість утвореного гумусу з рослинних решток була на рівні 5,28 т/га за загальних його втрат 5,35 т/га, що забезпечило майже бездефіцитний баланс (-0,07 т/га; інтенсивність — 99%).

За вирощування кукурудзи на зерно в дерново-підзолистому ґрунті утворилася найбільша кількість гумусу. Завдяки значній біомасі післязбиральних решток

сформувалась 1,99 т/га гумусу, що перевищило рівень мінералізації (1,32 т/га) на 0,67 т/га з інтенсивністю балансу 151%. Позитивний баланс гумусу також встановлено за вирощування тритикале ярого (+0,27 т/га та +0,10 т/га, відповідно). Слід зазначити, що люпин як бобова культура додатково збагачує ґрунт біологічним азотом, що опосередковано сприяє стабілізації вмісту органічної речовини. Вирощування вівса забезпечувало майже бездефіцитний баланс гумусу (+0,05 т/га з інтенсивністю 106%). Винятком із загальної тенденції залишалися кормові буряки, де через низьке гумусоутворення (0,30 т/га) та значні втрати (1,45 т/га) зафіксовано дефіцит балансу гумусу — 1,15 т/га з інтенсивністю 20%. Отже, мінеральні добрива (1-ша норма) здебільшого забезпечують відшкодування втрат органічної речовини, тоді як за вирощування буряків кормових, навіть за оптимального агрофону, зберігається ризик дегуміфікації.

Подвоєння норм внесення фосфорних і калійних добрив у 5-пільній зернопросапній сівозміні зумовило активізацію мінералізаційних процесів органічної речовини ґрунту, що сформувало дефіцитний баланс гумусу (-0,57 т/га). У середньому за 2015–2019 рр. з рослинних решток у ґрунт надійшло 5,33 т/га гумусу, тоді як його мінералізація досягла 5,90 т/га,

2. Баланс гумусу під культурами 5-пільної зернопростапної сівозміни (1-ша норма добрив*), 2015–2019 рр.

Культура сівозміни	Маса рослинних решток	Утворено гумусу внаслідок розкладання рослинних решток	Витрати гумусу (мінералізація)	Баланс гумусу, +/- т/га	Інтенсивність балансу, %
	т/га				
Овес	3,55	0,89	0,84	0,05	106
Люпин	3,32	1,00	0,90	0,10	111
Тритикале яре	4,45	1,11	0,84	0,27	132
Буряки кормові	2,96	0,30	1,45	-1,15	20
Кукурудза на зерно	8,30	1,99	1,32	0,67	151
За ротацію сівозміни	22,57	5,28	5,35	-0,07	99

*1-ша норма добрив передбачає внесення для вівса $N_{70}P_{60}K_{60}$, люпину — $N_{30}P_{40}K_{50}$, тритикале ярого — $N_{90}P_{60}K_{80}$, буряків кормових — $N_{120}P_{100}K_{160}$, кукурудзи — $N_{120}P_{100}K_{80}$.

3. Баланс гумусу під культурами 5-пільної зернопростапної сівозміни (2-га норма добрив*), 2015–2019 рр.

Культура сівозміни	Маса рослинних решток	Утворено гумусу внаслідок розкладання рослинних решток	Витрати гумусу (мінералізація)	Баланс гумусу, +/- т/га	Інтенсивність балансу, %
	т/га				
Овес	3,61	0,90	0,87	0,03	104
Люпин	3,48	1,04	1,16	-0,12	90
Тритикале яре	4,57	1,10	0,88	0,22	125
Буряки кормові	3,05	0,30	1,60	-1,30	19
Кукурудза на зерно	8,64	1,99	1,39	0,60	143
За ротацію сівозміни	23,33	5,33	5,90	-0,57	90

*2-га норма добрив передбачає внесення для вівса $N_{70}P_{90}K_{120}$, люпину — $N_{30}P_{60}K_{100}$, тритикале ярого — $N_{90}P_{90}K_{160}$, буряків кормових — $N_{120}P_{150}K_{320}$, кукурудзи — $N_{120}P_{150}K_{160}$.

інтенсивність балансу була на рівні 90% (табл. 3). Такий рівень забезпечення гумусного балансу свідчить про диспропорцію між процесами утворення та розкладання органічної речовини за умов інтенсифікації мінерального живлення.

У культур сівозміни простежується варіативність гумусного балансу. Позитивні його значення зафіксовано за вирощування кукурудзи на зерно (+0,60 т/га) та тритикале ярого (+0,22 т/га), що свідчить про їх високий гумусоутворювальний потенціал. Бездефіцитний

баланс гумусу сформовано за вирощування вівса (+0,03 т/га), від'ємний — люпину (-0,12 т/га) і буряків кормових (-1,30 т/га), що зумовлено інтенсивною мінералізацією органічної маси й незначною кількістю післязбиральних решток. Доведено, що навіть за підвищених доз мінеральних добрив формування гумусного балансу значною мірою визначається видовими особливостями культур: зернові виявляють стабільніші позитивні тенденції, водночас кормові культури сприяють дегуміфікації ґрунту.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що застосування мінеральних добрив, які містять азот, фосфор і калій у різних нормах і комбінаціях, диференційовано впливає на агрохімічний стан ґрунту, рівень забезпечення культур елементами живлення та формування їх продуктивності в межах сівозміни. Зокрема, баланс поживних речовин у сівозміні значною мірою залежав від варіанта удобрення, культури та потенціалу ґрунту до відновлення родючості. Встановлено, що на фоні без внесення добрив упродовж ротації сівозміни спостерігали інтенсивне виснаження ґрунту, яке позначилося на дефіцитному балансі всіх елементів живлення: азоту

(–255,4 кг/га), фосфору (–116,5 кг/га) та калію (–274,7 кг/га). Інтенсивність їх балансу є критично низькою (29%, 5 та 2%, відповідно), що свідчить про неможливість природного відновлення запасів поживних речовин, винесених з урожаєм, лише за допомогою атмосферних опадів і рослинних решток (табл. 4).

У культур сівозміни відзначено загальну тенденцію до дефіциту поживних елементів. Найбільші сумарні втрати спостерігали за вирощування буряків кормових (–183,0 кг/га) та вівса (–204,3 кг/га), що зумовлено їх значним виносом макроелементів і надзвичайно низькою інтенсивністю балансу (до 1% — фосфору та 0,1% — калію

4. Баланс елементів мінерального живлення (NPK) під культурами 5-пільної зернопротинної сівозміни (без внесення добрив), 2015–2019 рр.

Культура сівозміни	Надходження	Витрати	Баланс, +/- кг/га	Інтенсивність балансу, %
	кг/га			
<i>Азот</i>				
Овес	13,4	80,6	–67,3	17
Люпин	56,1	66,4	–10,3	84
Тритикале яре	12,9	72,5	–59,6	18
Буряки кормові	10,2	59,5	–49,3	17
Кукурудза на зерно	10,5	79,4	–68,9	13
За ротацію сівозміни	103,1	358,5	–255,4	29
У середньому, кг/га сівозмінної площі	20,6	71,7	–51,1	29
<i>Фосфор</i>				
Овес	1,4	32,9	–31,6	4
Люпин	2,8	14,3	–11,5	20
Тритикале яре	1,5	27,5	–26,0	6
Буряки кормові	0,3	21,2	–20,9	1
Кукурудза на зерно	0,2	26,8	–26,6	1
За ротацію сівозміни	6,2	122,7	–116,5	5
У середньому, кг/га сівозмінної площі	1,2	24,5	–23,3	5
<i>Калій</i>				
Овес	0,8	90,8	–90,0	1
Люпин	2,3	31,6	–29,3	7
Тритикале яре	1,1	26,7	–25,6	4
Буряки кормові	0,1	102,3	–102,2	0,1
Кукурудза на зерно	0,1	27,7	–27,6	0,4
За ротацію сівозміни	4,4	279,1	–274,7	2
У середньому, кг/га сівозмінної площі	0,9	55,8	–54,9	2

5. Баланс елементів мінерального живлення (NPK) під культурами 5-пільної зернопрораспної сівозміни (1-ша норма добрив*), 2015–2019 рр.

Культура сівозміни	Надходження	Витрати	Баланс, +/- кг/га	Інтенсивність балансу, %
	кг/га			
<i>Азот</i>				
Овес	83,4	120,0	-36,7	69
Люпин	119,3	97,2	22,1	123
Тритикале яре	102,9	107,8	-4,9	95
Буряки кормові	130,2	106,2	24,0	123
Кукурудза на зерно	130,5	138,2	-7,6	94
За ротацію сівозміни	566,3	569,3	-3,1	99
У середньому, кг/га сівозмінної площі	113,3	113,9	-0,6	99
<i>Фосфор</i>				
Овес	61,4	45,2	16,1	136
Люпин	42,8	21,3	21,5	201
Тритикале яре	61,5	35,6	26,0	173
Буряки кормові	100,3	32,6	67,7	307
Кукурудза на зерно	100,2	42,9	57,3	234
За ротацію сівозміни	366,2	177,6	188,6	206
У середньому, кг/га сівозмінної площі	73,2	35,5	37,7	206
<i>Калій</i>				
Овес	60,8	123,5	-62,7	49
Люпин	52,3	36,9	15,4	142
Тритикале яре	81,1	27,8	53,3	292
Буряки кормові	160,1	119,1	41,1	134,5
Кукурудза на зерно	80,1	34,7	45,4	230,6
За ротацію сівозміни	434,4	341,9	92,5	127
У середньому, кг/га сівозмінної площі	86,9	68,4	18,5	127
*1-ша норма добрив передбачає внесення для вівса N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀ , люпину — N ₃₀ P ₄₀ K ₅₀ , тритикале ярого — N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀ , буряків кормових — N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀ , кукурудзи — N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₈₀ .				

для буряків кормових і до 4 та 1%, відповідно, для вівса).

За вирощування тритикале ярого попри різницю в урожайності також сформувалася від'ємний баланс елементів мінерального живлення (-126,7 кг/га). Люпин характеризувався найменшими втратами (-112,4 кг/га), проте рівень компенсації залишався недостатнім. Із кукурудзою на зерно за високої продуктивності виносилося 133,9 кг/га поживних речовин, тому баланс елементів мінерального живлення був від'ємним (-68,9, -26,6, -27,6 кг/га по NPK відповідно).

Отже, без застосування мінерального живлення в усіх культур сівозміни формувалася різний за інтенсивністю, але стабільно від'ємний баланс поживних елементів, що зумовлювало деградаційні процеси в ґрунті й потребувало обов'язкової компенсації добривами. За результатами досліджень внесення мінеральних добрив істотно впливало на формування балансу основних елементів живлення в ґрунті, насамперед фосфору та калію (табл. 5). Встановлено, що за ротацію сівозміни впродовж 2015–2019 рр. із застосуванням 1-ї норми мінерального

6. Баланс елементів мінерального живлення (НРК) під культурами 5-пільної зернопротинної сівозміни (2-га норма добрив*), 2015–2019 рр.

Культура сівозміни	Надходження	Витрати	Баланс, +/- кг/га	Інтенсивність балансу, %
	кг/га			
<i>Азот</i>				
Овес	83,4	123,7	-40,4	67
Люпин	131,0	110,2	20,8	119
Тритикале яре	102,9	112,8	-10,0	91
Буряки кормові	130,2	113,8	16,4	114
Кукурудза на зерно	130,5	150,2	-19,7	87
За ротацію сівозміни	578,0	610,7	-32,8	95
У середньому, кг/га сівозмінної площі	115,6	122,1	-6,6	95
<i>Фосфор</i>				
Овес	91,4	46,5	44,9	196
Люпин	62,8	24,6	38,2	256
Тритикале яре	91,5	37,3	54,2	245
Буряки кормові	150,3	34,2	116,1	440
Кукурудза на зерно	150,2	44,8	105,3	335
За ротацію сівозміни	546,2	187,4	358,8	291
У середньому, кг/га сівозмінної площі	109,2	37,5	71,8	291
<i>Калій</i>				
Овес	120,8	126,8	-6,0	95
Люпин	102,3	41,9	60,3	244
Тритикале яре	161,1	29,0	132,1	556
Буряки кормові	320,1	124,5	195,6	257,1
Кукурудза на зерно	160,1	36,1	124,0	443,2
За ротацію сівозміни	864,4	358,3	506,0	241
У середньому, кг/га сівозмінної площі	172,9	71,7	101,2	241
*2-га норма добрив передбачає внесення для вівса $N_{70}P_{90}K_{120}$, люпину — $N_{30}P_{60}K_{100}$, тритикале ярого — $N_{90}P_{90}K_{160}$, буряків кормових — $N_{120}P_{150}K_{320}$, кукурудзи — $N_{120}P_{150}K_{160}$.				

удобрення баланс азоту був бездефіцитним і становив -0,6 кг/га, що відповідало інтенсивності балансу 99%, водночас баланс фосфору та калію був позитивним — +188,6 кг/га та +92,5 кг/га, відповідно, за інтенсивності балансу 206 і 127%. Це свідчить про більшу кількість надходжень цих елементів порівняно з їх виносом із урожаєм, що є позитивним чинником для підтримання родючості ґрунту.

На основі аналізу балансу поживних речовин за внесення 1-ї норми добрив у сівозміні виявлено значні відмінності між виносом поживних речовин різними

культурами сівозміни. Зокрема, за вирощування вівса було сформовано від'ємний баланс (-83,2 кг/га) через дефіцит калію (-62,7 кг/га), що свідчить про нестачу цього елемента в ґрунті. За вирощування тритикале ярого сумарний баланс поживних речовин був позитивним (+74,4 кг/га) із компенсаторною роллю фосфору та калію. Люпин завдяки біологічній фіксації азоту забезпечував стабільно позитивний баланс усіх елементів живлення (+59,1 кг/га).

За вирощування буряків кормових відзначено позитивний сумарний баланс із

найвищими значеннями серед культур сівозміни (+132,7 кг/га), що свідчить про надмірне накопичення поживних елементів у ґрунті, кукурудзи на зерно — також позитивний баланс (+95,0 кг/га), однак із дефіцитом азоту (–7,6 кг/га), що підтверджує необхідність корекції системи азотного живлення (табл. 5). Отже, мінеральне удобрення за 1-ї норми добрив позитивно впливає на баланс фосфору й калію та стабілізацію азотного режиму, проте ефективність живлення істотно варіюється залежно від культури.

Збільшення дози внесення фосфорних і калійних добрив за 2-ї (підвищеної) норми мінерального удобрення значною мірою вплинуло на баланс поживних елементів у ґрунті. За результатами ротації 5-пільної зернопросапної сівозміни встановлено, що вміст фосфору в ґрунті підвищився на 358,8 кг/га за інтенсивності балансу 291%, калію — на 506,0 кг/га за інтенсивності балансу на рівні 241% (табл. 6).

Це свідчить про здатність калійних і фосфорних добрив забезпечувати не лише компенсацію вилучених з урожаєм елементів, а й формувати значний надлишок, який може бути використаний рослинами культури в наступній ланці сівозміни, що сприятиме поліпшенню агрохімічного стану ґрунтів.

Із внесенням подвійної дози фосфорно-калійних добрив у сівозміні спостерігали стабільно позитивний баланс фосфору та калію, тоді як азот залишався дефіцитним елементом за вирощування вівса, тритикале та кукурудзи.

Овес сформував майже бездефіцитний загальний баланс (–1,5 кг/га) із надлишком фосфору (+44,9 кг/га) та нестачею азоту й калію. Тритикале яре забезпечувало високий позитивний баланс (+176,4 кг/га) завдяки значному накопиченню калію та фосфору, що створювало передумови для збагачення ґрунту. За вирощування люпину сформувався рівноважний позитивний сумарний баланс елементів живлення (+119,4 кг/га), що підтверджує високу ефективність бобових культур у підтриманні та відновленні родючості ґрунту. Найвищих показників сумарного балансу досягнуто за вирощування буряків кормових (+328,2 кг/га), що свідчить про потенціал цієї культури до накопичення надлишкової кількості елементів живлення. Під час вирощування кукурудзи на зерно зафіксовано значний позитивний сумарний баланс (+207,7 кг/га), проте з дефіцитом азоту (–19,7 кг/га), що зумовлює необхідність додаткового внесення азотних добрив для забезпечення оптимального живлення рослин.

Результати досліджень свідчать про помірну ефективність 2-ї норми фосфорно-калійного удобрення стосовно забезпечення позитивного балансу відповідних елементів у ґрунті. Водночас зберігається потреба в оптимізації азотного живлення культур із високим споживанням азоту (вівса, кукурудзи на зерно), тоді як бобові (люпин) і коренеплоди (буряки кормові) сприяють формуванню позитивного балансу навіть за фіксованої дози азотних добрив.

Висновки

Встановлено, що за відсутності мінерального удобрення в дерново-підзолистому ґрунті відбувається інтенсивне виснаження рівня ґрунтової родючості: формуються від'ємні баланси гумусу та поживних речовин, зокрема калію та азоту. Внесення 1-ї норми мінеральних добрив сприяє стабілізації

балансу гумусу й формуванню бездефіцитного балансу поживних елементів. Застосування підвищених доз фосфорних і калійних добрив (2-га норма) забезпечує значне поліпшення балансу фосфору та калію, однак не завжди компенсує дефіцит азоту, особливо під високопродуктивні культури.

Баланс гумусу істотно залежав від норм добрив і культури сівозміни. На фоні без внесення добрив переважав дефіцитний баланс гумусу (до $-1,92$ т/га за ротацію сівозміни), найбільше — за вирощування буряків кормових. За 1-ї норми мінерального удобрення баланс гумусу в сівозміні був позитивним — $0,07$ т/га, інтенсивність — 99%. Найвищий баланс ($+0,67$ т/га) сформовано за вирощування кукурудзи на зерно. За внесення 2-ї норми удобрення відзначено активізацію мінералізаційних процесів і зниження загального балансу гумусу до $-0,57$ т/га, що свідчить про необхідність оптимального поєднання мінерального живлення.

Баланс поживних елементів у сівозміні залежав від норм мінерального удобрення. У контрольному варіанті дефіцит азоту становив $-255,4$ кг/га (29%). Із внесенням 1-ї норми добрив баланс елементів живлення майже урівноважився ($-0,6$ кг/га; 99%), проте за вирощування вівса й кукурудзи зберігався його дефіцит. За 2-ї норми його нестача також зберігалася (до $-40,0$ кг/га за вирощування вівса та $-19,7$ кг/га — кукурудзи на зерно),

тоді як за вирощування люпину й буряків кормових сформувалася позитивний баланс азоту ($+20,8$ та $+16,4$ кг/га відповідно). Баланс фосфору в ґрунті виявився найбільш стабільним: його дефіцит на контролі ($-116,5$ кг/га) було компенсовано 1-ю нормою мінеральних добрив ($+188,6$ кг/га), а внесення 2-ї норми зумовило надлишкове його накопичення ($+358,8$ кг/га). Найбільший його профіцит зафіксовано за вирощування буряків кормових ($+116,1$ кг/га) та кукурудзи на зерно ($+105,3$ кг/га).

У контрольному варіанті баланс калію в ґрунті був найбільш дефіцитним ($-274,7$ кг/га; 2%). Із внесенням 1-ї норми мінеральних добрив він підвищився до $+92,5$ кг/га, 2-ї норми — до $506,0$ кг/га. Найістотніше накопичення калію в ґрунті відзначено за вирощування буряків кормових ($+195,6$ кг/га), кукурудзи на зерно ($+124,0$ кг/га) і тритикале ярого ($+132,1$ кг/га). Водночас баланс калію за вирощування вівса залишався дефіцитним ($-6,0$ кг/га), що свідчить про необхідність корекції калійного живлення залежно від культури та ґрунтових умов.

Palamarchuk R.¹, Beznosko I.², Horodyska I.³

¹State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine», 3 Senkivskiy Lane, Kyiv, 03190, Ukraine; ^{2,3}Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: ¹prp777@ukr.net; ²beznoskoirina@gmail.com, ³anni0479@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-5965-1305, ²0000-0002-2217-5165, ³0000-0002-1580-3450

Influence of fertilization standards of crops of 5-field crop rotation on the balance of humus and elements of mineral nutrition of sod-podzolic soil in Polissia conditions

Goal. To study the influence of fertilizer standards on the balance of humus and mineral nutrition elements of crops of a 5-field grain-row-crop rotation on sod-podzolic soil in conditions of radioactive contamination of Zhytomyr Polissia. **Methods.** Field (identification of reliable differences in the influence

of fertilizer systems on fertility, biological activity and pollution with heavy metals and radionuclides of soil and crop production); measuring-weight (establishment of quantitative indicators of crop yield of crop rotation); laboratory (determination of the content of humus, nutrients, heavy metals, radionuclides in the soil, quality of agricultural products); mathematic (analysis of variance and statistical processing of data for reliability of the obtained research results). **Results.** The study was conducted in a stationary field experiment during 2015–2019 on the territory of the village Khrystynivka (Narodnytsk district, Zhytomyr oblast). It was established that the applied fertilization standards for crops of 5-field grain-row-crop rotation (oats — lupine — spring triticale — fodder beets — corn for grain) and the crop rotation factor had a significant impact on the positive balance of humus and NPK elements, especially

phosphorus and potassium. In particular, the use of the one norm of fertilizers provided a deficit-free balance of humus for crop rotation at the level of +0.07 t/ha (intensity of balance — 99%), with the highest values for growing corn for grain (+0.67 t/ha). A negative nitrogen balance was noted for crop rotation on the background without fertilizers (–255.4 kg/ha), while application of the first fertilizer norm stabilized the nitrogen balance to 0.6 kg/ha, and the second to 6.6 kg/ha. Phosphorus and potassium turned out to be the most stable elements; their balance in the average crop rotation for applying the 1st fertilizer dose was 37.7 and 18.5 kg/ha, the

2nd — 71.8 and 101.2 kg/ha, respectively. **Conclusions.** The application of mineral fertilizers in one dose helped to stabilize the balance of humus and the formation of a deficient or positive balance of nutrients. The use of an increased dose of phosphate and potassium fertilizers (second dose) provided a significant improvement in the balance of phosphorus and potassium, but did not always compensate for the lack of nitrogen, especially for the cultivation of highly productive crops.

Key words: humification, biological activity, nitrogen, phosphorus, potassium, intensification, agrocenosis, agriculture.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovnisnyk202510-08>

Бібліографія

1. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах; за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 207 с.
2. Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В. та ін. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2. С. 90–101.
3. Камінський В.Ф. Наукові основи оптимізації живлення рослин в сучасних системах землеробства. *Землеробство*. 2018. Вип. 2. С. 3–6.
4. Tkaczyk P., Mossek-Płociniak A., Skowrońska M., Bednarek W. et al. The Mineral Fertilizer-Dependent Chemical Parameters of Soil Acidification under Field Conditions. *Sustainability*. 2020. 12(17):7165. doi: 10.3390/su12177165
5. Tkachenko V., Trofymenko P. Humus content for different use of sod podzolic sandy loam soil and CO₂ emissions lost. *Scientific Reports NUBiP Ukraine*. 2020. 84(2). P. 76–87. doi: 10.31548/dopovidi2020.02.007
6. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А., Герасименко Я.О. Вплив різних систем удобрення на кількість і якісний склад гумусу дерново-підзолистого ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 8. С. 14–19. doi: 10.31073/agrovnisnyk202008-02
7. Tanchyk S.P., Tsentylo L.V., Tsyuk O.A. Balance of nitrogen, phosphorus, potassium in the soil depending on farming systems in crop rotation. *Agrology*. NUBiP Ukraine. 2022. 8(3). P. 92–96. <https://agrologyjournal.com/index.php/agrology/article/view/108/109>
8. Karbivska U., Masyk I., Butenko A. et al. Nutrient Balance of Sod–Podzolic Soil Depending on the Productivity of Meadow Agrophytocenosis and Fertilization. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. 23(2):70–77. doi: 10.12912/27197050/144957
9. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O. Humus and nitrogen content of sod podzolic soil under the influence of biopreparations for potato cultivation. *Plant and Soil Science*. NUBiP Ukraine. 2023. 14(1). P. 82–95. doi: 10.31548/plant1.2023.82
10. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. ДСТУ 4289:2004. [Чинний від 2005–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
11. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. ДСТУ 7863:2015. [Чинний від 2016–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 12 с.
12. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. ДСТУ 4405:2005. [Чинний від 2006–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 12 с.
13. Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В., Комариста А.В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: КП «Міська друкарня», 2011. 30 с.
14. Греков В.О., Дацько Л.В., Жилкін В.А. та ін. Методичні вказівки з охорони ґрунтів. Київ, 2011. 108 с.