

УДК 631.153.3:631.4:631.504.062

Надточій П. П.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
головний науковий співробітник відділу землеробства, рослинництва, первинного та елітного насінництва,
Інститут сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук України
Житомир, Україна
E-mail: pnadtochy@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-1984-8004

Ратошнюк В. І.

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
завідувач відділу землеробства, рослинництва, первинного та елітного насінництва,
Інститут сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук України
Житомир, Україна
E-mail: viktor.ratoshnyuk@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6937-7541

Ратошнюк Т. М.

кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник відділу землеробства, рослинництва,
первинного та елітного насінництва,
Інститут сільського господарства Полісся Національної академії аграрних наук України
Житомир, Україна
E-mail: viktor.ratoshnyuk@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1097-0874

ВПЛИВ ДОБРІВ НА АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ГРУНТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУР СІВОЗМІНИ

Анотація

Метою статті було проведення порівняльної оцінки ефективності різних варіантів тривалого (1981–2021 рр.) застосування системи удобрення 9-пільної сівозміни для поліпшення показників агроекологічного стану радіоактивно забрудненого дерново-підзолистого ґрунту і впливу на продуктивність польових культур, а також можливості мінімізувати надходження ^{137}Cs в продукції рослинництва.

На основі даних, отриманих в тривалому польовому досліді (1981–2021 рр.), закладеному на дерново-підзолистому ґрунті, встановлено, що застосування 7,8 т ґною + $\text{N}_{57}\text{P}_{63}\text{K}_{75}$ на 1 га сівозміної площі (органо-мінеральна система удобрення) та 3,9 т/га ґною + $\text{N}_{28,5}\text{P}_{32,5}\text{K}_{35,5}$ + 0,7 т/га соломи + 2,22 т/га зеленої маси (альтернативна система удобрення) забезпечило на 0,26-0,28% підвищення вмісту гумусу в порівнянні з контролем. В процесі тривалого застосування зазначених систем удобрення культур сівозміни мало місце суттєве підвищення гідролітичної кислотності порівняно з вихідними даними. Доведено, що урожай польових культур сівозміни за виключенням люпину вузьколистого, отриманого в період 2016–2020 рр. на радіоактивно забрудненому дерново-підзолистому ґрунті за питомою активністю ^{137}Cs (166-196 Бк/кг), виявився значно нижче допустимих рівнів вмісту цього радіонукліду (ДР-2006). Ділянка ґрунту дослідного поля характеризується дуже низьким рівнем забезпеченості мікроелементів – рухомого бору та молібдену. Запропоновано, що за умов дефіциту мінеральних добрив в господарствах різних форм власності Житомирського Полісся перевагу слід надавати запровадженню альтернативної системи удобрення культур в сівозміні з використанням соломи та зеленої маси сидерату.

Зроблено висновок, що слід зосередитися на вивченні питань, пов'язаних з вапнуванням дерново-підзолистого ґрунту, на варіантах орґано-мінеральної та альтернативної систем удобрення у відповідності до показників кислотно-основної буферності та вивчення питань ефективності додаткового внесення молібдену та бору під конюшину на сіно та люпин вузьколистий на зерно.

Ключові слова: сівозміна, система удобрення, обробіток ґрунту, гумус, фізико-хімічні властивості, радіоактивність, продуктивність культур, ефективність.

Вступ. В регіоні Полісся України серед земель сільськогосподарського призначення понад 25 000 га займають відміни дерново-підзолистих ґрунтів, які в тій чи іншій мірі зазнали радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС [4]. Подальший ефективний розвиток сільськогосподарського виробництва на таких ґрунтах можливий лише за умов: належного здійснення систематичного спостереження за їх агроекологічним станом з метою з'ясування негативних змін і розробки способів їх усунення; розробки і освоєння адаптивно-ландшафтних систем землеробства, основою яких вважаються науково-обґрунтовані технології вирощування сільськогосподарських культур. Зазначені технології повинні бути зорієнтовані на виробництво економічно доцільної і екологічно

обумовленої кількості рослинної продукції у відповідності з ринковими потребами, природними ресурсами регіону при одночасному збереженні стійкості агроландшафтів і відтворенні родючості ґрунтового покриву. Крім екологічної обмеженості та наукової обґрунтованості агротехнології, повинні бути також енергетично-заощадливими, а, отже, і економічно вигідними [1–3].

В комплексі заходів, спрямованих на виробництво рослинної продукції в регіоні, актуальним залишається визначення економічно і енергетично виправданих систем удобрення та хімічної меліорації ґрунтів в сівозміні, які повинні забезпечити відтворення його родючості, а також сприяти підвищенню урожайності сільськогосподарських культур належної якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасне землеробство на радіоактивних територіях Полісся перебуває в стані переходу до енергоощадних технологій вирощування польових культур на основі запровадження ефективних заходів обробітку ґрунту в сівозмінах та використання системи удобрення з внесенням обмеженої кількості мінеральних добрив в поєднанні з гноєм та побічною продукцією рослинництва [3; 8; 11]. Важлива роль при цьому відводиться і внесенню мікродобрив [1; 4; 11].

В роботах [3; 10] зазначено, що вивчення ефективності дії різних норм внесення добрив під культури сівозміни з врахуванням екологічних наслідків їх використання на радіоактивно забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС ґрунтах в умовах змін клімату доцільно проводити в довготривалих стаціонарних дослідках, що дозволяє виявити навіть незначні зміни як в показниках певних ґрунтових режимів, так у кількісних, а також якісних характеристиках урожайності, що також актуалізує напрям подальших досліджень.

Проте серед чисельних публікацій із питань раціонального використання добрив в умовах Полісся виявлена незначна кількість праць системного характеру щодо оцінки довготривалого впливу систематичного внесення добрив в польових сівозмінах на агроекологічний стан радіоактивно забруднених дерново-підзолистих ґрунтів і продуктивність культур із врахуванням екологічних обмежень [1; 5].

Мета – провести порівняльну оцінку ефективності різних варіантів тривалого (1981–2021 рр.) застосування системи удобрення 9-пільної сівозміни для поліпшення показників агроекологічного стану радіоактивно забрудненого дерново-підзолистого ґрунту і впливу на продуктивність польових культур, а також можливості мінімізувати надходження ^{137}Cs в продукції рослинництва.

Матеріал і методика дослідження. Дослідження проводили впродовж 2013–2021 рр. у довготривалому польовому досліді Інституту сільського господарства Полісся НААН, закладеному у 1981 році у вигляді 9-пільної польової сівозміни на дерново-середньо-підзолистому супіщаному ґрунті (с. Грозине Коростенського району Житомирської області), що розміщувалася на 4-х полях. Морфологічна характеристика ґрунтового профілю опублікована в [11]. Територія с. Грозине в результаті наслідків аварії на ЧАЕС віднесена до зони гарантованого добровільного відселення [16]. Схема розміщення культур і норми внесення добрив у сівозміні наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Схема розміщення культур і норми внесення добрив у дев'ятипільній сівозміні (2013–2021 рр.)

Культура	Варіанти системи удобрення		
	контроль (без добрив)	органомінеральна	альтернативна
Жито озиме	післяжнивні рештки	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Картопля	-«-	40 т/га гною + $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	20 т/га гною + $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + 3 т/га соломи + 12 т/га зеленої маси сидерату
Пшениця яра	-«-	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Конюшина (сіно)	-«-	$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Пшениця озима	-«-	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Кукурудза (зелена маса)	-«-	30 т/га гною + $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	15 т/га гною + $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + 3 т/га соломи + 12 т/га зеленої маси сидерату
Овес + пелюшка	-«-	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Тритикале яре	-«-	$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	$\text{N}_{15}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$
Люпин (зерно)	-«-		
Всього за ротацію	-«-	70 т/га гною $\text{N}_{510}\text{P}_{570}\text{K}_{660}$	35 т/га гною + $\text{N}_{255}\text{P}_{285}\text{K}_{330}$
На 1 га сівозмінної площі	-«-	7,8 т/га гною + $\text{N}_{57}\text{P}_{63}\text{K}_{75}$	3,9 т/га гною + $\text{N}_{28,5}\text{P}_{32,5}\text{K}_{35,5}$ + 0,7 т/га соломи + 2,22 т/га зеленої маси сидерату

Показники агроекологічного стану орного шару ґрунту на період закладки дослідів та залежно від тривалого систематичного внесення добрив в сівозміні наведені в табл. 2.

У досліді вивчалися 3 варіанти системи удобрення: фон 0 – без добрив (кореневі рештки), (контроль); фон 1 – органомінеральна система удобрення (1 доза гною + NPK під просапну культуру та NPK під інші культури сівозміни); фон 2 – альтернативна система удобрення (1/2 дози гною + сидерат + побічна продукція попередника + N_{10} на кожен її тонну під просапну культуру та побічна продукція попередника + N_{10} на кожен її тонну під інші культури сівозміни). Основний обробіток ґрунту включав оранку на глибину 18–20 см під культури суцільної сівби та оранку на 20–22 см під просапні культури. Облікова площа становила 72 м², повторність – 3-разова.

Таблиця 2. Показники агроекологічного стану дерново-підзолистого стану ґрунту залежно від тривалого систематичного внесення добрив в сівозміні, шар 0–20 см

Назва показника	Значення показника			
	на період закладки дослідів, 1981 р. переліг (1981–2020 рр.)	за варіантами системи удобрення, 2020 р.		
		без добрив контроль)	органоінеральна	альтернативна
Фізико-хімічні показники				
Гумус, %	1,02 1,40	0,90	1,16	1,18
Обмінна кислотність, рН _{КС1}	6,0 5,8	5,4	5,6	5,8
Гідролітична кислотність, (Нг)	0,88 0,82	1,25	1,0	1,10
Обмінний Са ²⁺	Не визн. 2,45	1,36	1,56	1,65
Обмінний Mg ²⁺	Не визн. 0,38	0,32	0,21	0,22
Сума увібраних основ (S), мг.-екв./100г ґрунту	2,03 2,90	1,65	1,83	1,94
Ступінь насичення ґрунтів основами (V), %	67,8 77,4	56,8	64,7	63,8
Показники кислотно-основної буферності				
Показник нейтралізації (ПН), мг.-екв./100 г ґрунту	Не визн. 0,95	1,28	1,02	1,12
Ступінь буферної ємності в кислотному інтервалі, (СБЄк), %	«-» 15,1	11,8	13,9	13,2
Ступінь буферної ємності в лужному інтервалі, (СБЄк), %	«-» 70,1,2	69,0	69,3	69,6
Рухомі форми макро- і мікроелементів та важких металів, мг/кг ґрунту				
Азот легкогідролізований	60,9	50,2	53,4	55,6
Рухомий фосфор	135	39,5	80,3	58,4
Обмінний калій	142	31,2	96,4	90,4
Бор	Не визн.	0,12	0,12	0,11
Молибден	0,055	0,045	0,050	0,050
Марганець	Не визн.	14,6	12,9	13,8
Мідь	«-»	0,14	0,20	0,17
Цинк	«-»	2,29	3,03	2,06
Кадмій	«-»	0,08	0,12	0,09
Свинець	«-»	2,74	3,04	3,12
Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг ґрунту (n =4)				
	Не визн. 196 ±7,3	182±6,9	166±6,5	170±6,8

Виконання дослідних робіт (спостереження, обліки, аналізи) проводили згідно загальноприйнятих методів та методик, що відповідають Держстандартам України. В зразках ґрунту загальний гумус визначали згідно з ДСТУ 4289:2004; рН сольової витяжки – згідно з ГОСТом 26483; гідролітичну кислотність – згідно з ГОСТом 26212; суму обмінних основ – згідно з ДСТУ ISO 11260; обмінні кальцій і магній – згідно з ГОСТом 26487; кислотно-основну буферність – за методикою П.П. Надточія [12], лужногідролізований азот – за Корнфільдом згідно з ГОСТ 2611–84; рухомий фосфор і обмінний калій – згідно з ГОСТом 26207; обмінного бору – згідно з Остом 10155-88; рухомі сполуки молибдену – за методикою Грига в модифікації Веригіної, рухомі форми марганцю – згідно з ГОСТом 26486-85; рухомі форми цинку, кадмію, міді і свинцю (уксусно-амонійна витяжка буферного розчину з рН 4,8) – згідно з ДСТУ 4770. 2,3,6,9:2007; питому активність ¹³⁷Cs у ґрунті і рослинній продукції – гама-спектрометрично з використанням приладу гама-спектрометра СЕГ-05Н (ГН 6.6.1. – 130-2006).

Перерахунок продуктивності культур сівозміні (1 кг маси врожаю) в кормові (вівсяні) одиниці проведені згідно з даними, опублікованими у Довіднику по кормовиробництву [6]; коефіцієнти перерахунку склали: пелюшко-овес – 1,06; тритикале яре – 1,15; люпин – 1,22; жито озиме –1,07; пшениця озима – 1,17; кукурудза (зелена маса) – 0,28; картопля – 0,34; конюшина (сіно) – 0,53.

Статистичну обробку отриманих експериментальних даних проводили за методикою Б.А. Доспехова [7] та з використанням прикладної комп'ютерної програми EXCEL.

Результати. Якість агроекологічного стану дерново-підзолистого ґрунту, як здатність забезпечувати продуктивний процес культур сівозміні, значно залежить від умісту гумусу і інших фізико-хімічних показників, а особливо від забезпечення рослин макро- і мікроелементами.

Фізико-хімічні дослідження дають можливість глибше розкрити механізми взаємодії в агроценозах між ґрунтом, рослинами, добривами і меліорантами, а отже, сприяють розробці більш досконалих методів прогнозу стану ґрунтового покриву стосовно створення сприятливих умов для формування високопродуктивних агроценозів.

Зазначимо, органічна речовина ґрунту виконує декілька важливих функцій: виступає в ролі джерела мінерального живлення рослин, забезпечує сприятливі колоїдно-хімічні властивості ґрунту, регулює витрати елементів живлення для рослин із самого ґрунту, а також позитивно впливає на ефективність внесення мінеральних добрив [10]. Дослідження засвідчили, що за вмістом гумусу ґрунт стаціонарного досліді, згідно з чинним ДСТУ 4362:2004 «Показники родючості ґрунту», відноситься до групи з дуже низьким його значенням. Залежно від варіантів тривалого застосування різних систем удобрення його варіювання становило від 0,90 % (контрольний варіант) до 1,18 % (варіант альтернативної системи). Характерно, що в 0–20 см шарі ґрунту, який протягом тривалого часу (1980–2020 рр.) знаходився без обробітку (переліг), вміст гумусу збільшився порівняно з вихідними даними на 0,38 %. (табл. 2).

В цілому для дерново-підзолистого ґрунту дослідного поля властива середньо-кисла або слабо-кисла реакція ґрунтового розчину. На варіанті альтернативної системи удобрення виявлено незначне зменшення обмінної кислотності. На час закладки досліді за ступенем кислотності ґрунт відносився до групи «близькі до нейтральних», що слід пояснити, на наш погляд, регулярним проведенням вапнування орних земель в ті часи.

Загалом, на трьох варіантах досліді має місце суттєве підвищення гідролітичної кислотності порівняно з вихідними даними. Сума ввібраних основ, яку визначають переважно Ca^{2+} і Mg^{2+} , залежно від варіантів тривалого застосування варіантів системи удобрення, варіювала в межах від 1,65 (контроль) до 1,94 мг.-екв./100 г (варіант альтернативної системи удобрення). Характерно відзначити, що тривале знаходження ґрунту під перелогом сприяло підвищенню зазначеного показника на 0,87 мг.-екв./100 г в порівняно з вихідними даними. Ступінь насичення основами варіює в межах 56,8–64,7 %.

Чисельними дослідженнями встановлено, що обмінно-поглинутий кальцій і частково магній приймають активну участь в закріпленні гумусу в ґрунті. Без їх достатньої кількості проходить накопичення переважно фульватних його фракцій. Останні мають більш високу розчинність і тому можуть вимиватися в нижчі шари ґрунту, чи навіть і за межі ґрунтового профілю. Отже, без створення досить ємного обмінного комплексу практично не можливо вирішити проблему підвищення органічної речовини в дерново-підзолистих ґрунтах.

З практичної точки зору, нині особлива увага приціляється кислотно-основній буферності легким за гранулометричним складом дерново-підзолистим ґрунтам, що мають кислу реакцію і потребують проведення вапнування [12; 14; 18]. Параметри буферності дають можливість також розрахувати можливі норми внесення добрив і сезонну динаміку елементів живлення, а отже, знайти екологічно доцільні прийоми регулювання фізико-хімічних властивостей і гумусового стану ґрунтів. Особливо актуальними є ці питання в умовах радіоактивного забруднення ґрунтового покриву Полісся [17]. Характерною особливістю дерново-підзолистих ґрунтів є низький ступінь буферної ємності в кислотному інтервалі і зрушення показника нейтралізації в бік збільшення за використання фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Тривале застосування двох варіантів системи удобрення порівняно з контролем сприяло підвищенню на 1,4–2,1 % ступеня буферної ємності в кислотному інтервалі. В цілому, досліджуваний ґрунт згідно оцінки [13] характеризується дуже низькими значеннями кислотно-основної буферності в межах кислотного інтервалу і високим – в межах лужного. Зазначимо, що показники нейтралізації на варіанті орґано-мінеральної і варіанті альтернативної систем удобрення виявилися на 0,16–0,23 мг.-екв./100 г ґрунту нижчими порівняно з контролем.

За показниками рухомих форм макроелементів ґрунт характеризується дуже низьким рівнем забезпеченості легкогідролізованим азотом. На варіантах тривалого застосування орґано-мінеральної і альтернативної системи удобрення рівень забезпеченості рухомих фосфором і обмінним калієм виявився середнім. Відмітимо, що внаслідок значного внесення мінеральних і органічних добрив в 70–80 роки минулого століття вихідні дані щодо рівнів забезпеченості макроелементами були значно вищі.

Згідно з групуванням ґрунтів за вмістом мікроелементів, що діє при агрохімічній паспортизації полів в Україні [9], ділянка дослідного поля характеризується дуже низьким рівнем забезпеченості бором, молібденом, середнім – міддю та цинком і підвищеним – марганцю. Вміст кадмію і свинцю не перевищує нині діючих гранично допустимих концентрацій – 3 і 32 мг/кг ґрунту відповідно. Питома активність ^{137}Cs залежно від варіантів системи удобрення, а також тривалого знаходження ґрунтового покриву в стані перелогоу варіювала в межах 166–196 кБк/кг ґрунту (табл. 2).

Важливим показником ефективності дії варіантів системи удобрення слід вважати урожайність польових культур і вихід кормових одиниць як за ротацію сівозміни, так і у розрахунку на одиницю сівозміної площі. Результати досліджень засвідчили (табл. 3, рис. 1), що контрольний варіант і варіант альтернативної системи за урожайністю всіх дев'яти культур сівозміни поступається орґано-мінеральному варіанту. Вихід кормових одиниць за ротацію сівозміни на цьому варіанті виявився вищим на 21,3 і 5,9 одиниць порівняно з контролем і варіантом альтернативної системи удобрення. В розрахунку на 1 га сівозміної площі за ротацію зазначені показники становили відповідно 2,37 і 0,65 одиниць.

Таблиця 3. Вплив систематичного використання добрив в сівозміні на урожайність культур (2013–2021 рр.)

Культура	Урожайність культур за варіантами системи удобрення, т/га			НІР ₀₅
	без добрив (контроль)	органомінеральна	альтернативна	
Жито озиме	2,34	3,77	3,32	0,06
Картопля	7,90	16,40	13,20	0,32
Пшениця яра	1,84	3,18	2,78	0,05
Конюшина (сіно)	2,55	5,9	4,57	0,10
Пшениця озима	2,38	3,12	2,86	0,06
Кукурудза (зелена маса)	14,50	48,60	41,80	0,76
Овес + пелюшка	2,21	2,89	2,57	0,05
Тритикале яре	2,13	3,54	3,02	0,06
Люпин вузьколистий (зерно)	0,91	1,94	1,64	0,03

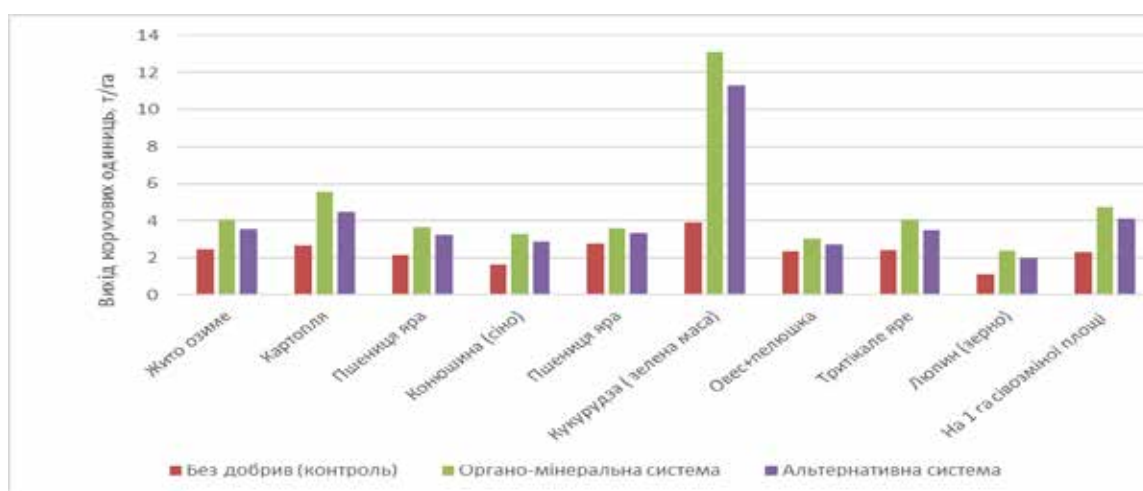


Рис. 1. Вплив систематичного внесення добрив на вихід кормових одиниць культур сівозміні (2013–2021 рр.)

При еколого-економічному аналізі технологій вирощування сільсько-господарських культур важливим є визначення структури витрат на посів, догляд за ними та їх збирання, що дає можливість виявити резерви зменшення матеріально-технічних засобів та енерговитрат на окремих напрямках, зокрема добрива, засоби захисту, та паливно-мастильні матеріали (табл. 4, рис. 2). Розрахунки ефективності залежно від впливу різних способів обробітку ґрунту та норм внесених добрив допомагають скоригувати виробничі процеси та виявити економічно доцільну рентабельність вирощування культур в ланці сівозміні.

Таблиця 4. Виробничі витрати і вартість вирощування культур в сівозміні залежно від варіантів системи удобрення (2013–2021 рр.)

Культура	Варіант системи удобрення*	Виробничі витрати тис. грн/га	Різниця сумарних виробничих витрат (± до контролю)		Вартість корм.од./га, тис.грн
			т/га	%	
1	2	3	4	5	6
В розрізі культур					
Жито озиме	1	5,4	–	–	13,8
	2	17,3	+11,9	+220,4	22,2
	3	17,3	+11,9	+220,4	19,5
Картопля	1	14,2	–	–	14,8
	2	16,3	+2,1	+14,8	30,7
	3	15,7	+1,5	+10,6	24,7
Пшениця яра	1	3,8	–	–	11,7
	2	14,6	+10,8	+284,2	20,3
	3	14,6	+10,8	+284,2	17,7
Конюшина (сіно)	1	1,8	–	–	8,8
	2	8,0	+6,2	+344,4	18,0
	3	8,0	+6,2	+344,4	15,8
Пшениця озима	1	6,3	–	–	15,2
	2	18,2	+11,9	+188,9	19,9
	3	18,2	+11,9	+188,9	18,2

Закінчення таблиці 4

1	2	3	4	5	6
Кукурудза (зелена маса)	1	5,9	–	–	21,5
	2	20,8	+14,9	+252,5	72,2
	3	16,2	+10,3	+174,6	62,1
Овес + пелюшка	1	5,7	–	–	12,9
	2	12,9	+7,2	+126,3	16,8
	3	12,9	+7,2	+126,3	15,0
Тритикале яре	1	3,8	–	–	13,5
	2	14,6	+10,8	+284,2	22,4
	3	14,6	+10,8	+284,2	19,1
Люпин (зерно)	1	4,9	–	–	6,1
	2	7,8	+2,9	+59,2	13,0
	3	7,8	+2,9	+59,2	11,0
В розрахунку на 1 га сівозмінної площі за варіантами					
Без добрив (контроль)		5,76	–	–	13,14
Органо-мінеральна система		14,50	8,74	16,88	26,14
Альтернативна система		13,92	8,17	15,77	22,57

*) 1 – без добрив (контроль). 2 – органо-мінеральна система удобрення, 3 – альтернативна система удобрення.

В розрахунку на 1 га сівозмінної площі виробничі витрати за органо-мінеральної системи удобрення склали 14,5 тис. грн, що на 8,74 і 0,58 тис. грн більше, ніж на контролі і за альтернативної системи удобрення відповідно. Вартість кормових одиниць при цьому становила 26,14 тис. за органо-мінеральної системи удобрення, що вдвічі перевищує варіант без внесення добрив та на 16% – варіант альтернативної системи удобрення.

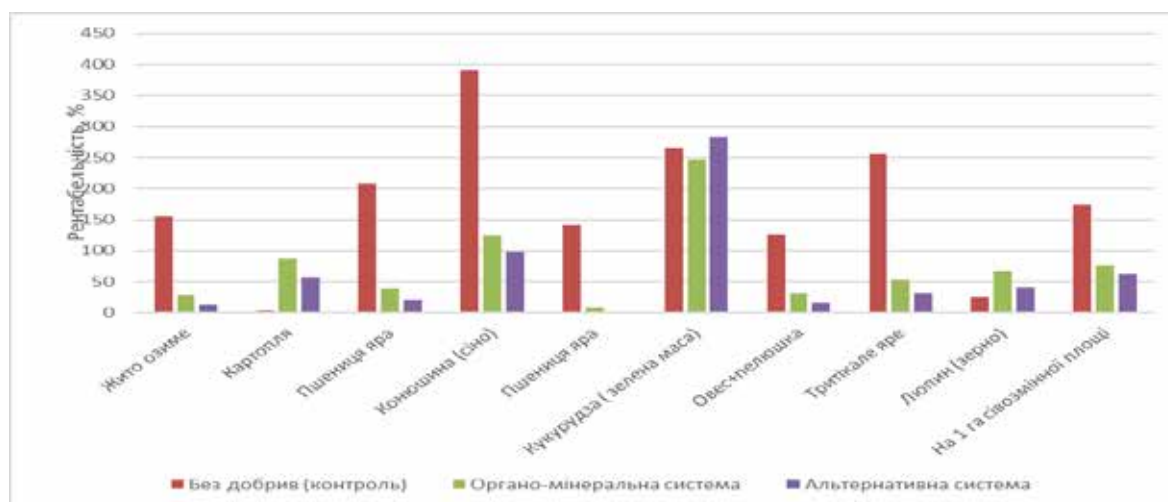


Рис. 2. Рентабельність вирощування культур залежно від варіантів системи удобрення в сівозміні (2013–2021 рр.)

Залежно від варіантів системи удобрення в сівозміні рентабельність майже всіх культур була більшою на варіанті без внесення добрив, крім картоплі та люпину вузьколистого на зерно. Серед вирощуваних культур в сівозміні має місце вирощування кукурудзи на зелену масу, в якій рівень рентабельності був однаковий на всіх варіантах. Враховуючи зазначене, а також за умов дефіциту мінеральних добрив в господарствах різних форм власності Житомирського Полісся, перевагу слід надавати запровадженню варіантів альтернативної системи удобрення.

Викликало інтерес дослідження особливостей надходження ^{137}Cs із ґрунту в рослини в ланці польової сівозміни (пшениця озима, ячмінь ярий, кукурудза на зелену масу, люпин вузьколистий, жито озиме) залежно від варіантів системи удобрення. Встановлено, що накопичення радіонукліду значно залежало як від біологічних особливостей культур, так і варіантів системи удобрення (табл. 5). Питома активність ^{137}Cs в зерні пшениці озимої, ячменю ярого і жита озимого варіювала в межах 7,5–13,1 Бк/кг, що значно нижче допустимих рівнів (ДР-2006). Слід відмітити, що в урожаї зернових культур, а також у зеленій масі кукурудзи найнижчі показники питомої активності цезію виявлені на варіантах органо-мінеральної системи удобрення.

Згідно з ДР-2006 питома активність ^{137}Cs лише в зерні люпину на деяких варіантах дослідження без внесення добрив значно перевищувала допустимі рівні вмісту цього радіонукліда в урожаї ($^{137}\text{Cs} < 50$ Бк/кг).

Таблиця 5. Питома активність цезію-137 та коефіцієнти його накопичення в продукції рослинництва залежно від варіантів системи удобрення, 2016–2020 рр.

Зерно пшениці озимої		Зерно ячменя ярого		Зелена маса кукурудзи		Насіння люпину		Зерно жита озимого	
Бк/кг	КН	Бк/кг	КН	Бк/кг	КН	Бк/кг	КН	Бк/кг	КН
2016		2017		2018		2019		2020	
Без добрив (контроль)									
12,0 ± 0,35	0,06	10,2 ± 0,36	0,06	63,2 ± 2,02	0,34	216,2 ± 5,25	1,17	13,1	0,08
Органо-мінеральна система удобрення									
7,9 ± 0,26	0,04	7,5 ± 0,28	0,06	22,3 ± 0,64	0,11	48,9 ± 1,66	0,23	9,4	0,06
Альтернативна система удобрення									
9,5 ± 0,31	0,04	9,6 ± 0,30	0,06	30,2 ± 0,78	0,14	121,0 ± 3,70	0,57	10,1	0,06

Примітки: *Кн – відношення питомої активності радіонукліда в урожаї (Бк/кг) до питомої його активності в ґрунті

Висновки

1. Тривале (1981–2021 рр.) застосування 7,8 т гною + N₅₇P₆₃K₇₅ на 1 га сівозмінної площі (органо-мінеральна система удобрення) та 3,9 т/га гною + N_{28,5}P_{32,5}K_{35,5} + 0,7 т/га соломи + 2,22 т/га зеленої маси (альтернативна система удобрення) у 9-пільній сівозміні порівняно з контролем (без внесення добрив) сприяло підвищенню вмісту гумусу в орному шарі на 0,26–0,28 %.

2. Запровадження органо-мінеральної та альтернативної систем удобрення без проведення вапнування призвело до збільшення обмінної та гідролітичної кислотності порівняно з вихідними даними (1981 р.).

3. Органо-мінеральна система удобрення за проведення оранки ґрунту на глибину 20–22 см під просапні культури та оранки на глибину 18–20 см під культури суцільної сівби забезпечує збільшення на 0,65 та 1,37 кормових одиниць в порівнянні з контролем та варіантом альтернативної системи відповідно.

4. За умов дефіциту мінеральних добрив в господарствах різних форм власності Житомирського Полісся перевагу слід надавати запровадженню альтернативної системи удобрення культур в сівозміні з використанням соломи та зеленої маси сидерату.

Перспективи подальших досліджень слід зосередити на вивченні питань, пов'язаних з вапнуванням дерново-підзолистого ґрунту, на варіантах органо-мінеральної та альтернативної систем удобрення у відповідності до показників кислотно-основної буферності та вивчення питань ефективності додаткового внесення молібдену та бору під конюшину на сіно та люпин вузьколистий на зерно.

Список використаних джерел

1. Агроекологічне обґрунтування способів обробітки дерново-підзолистого ґрунту та систем удобрення польових культур в зоні радіоактивного забруднення Житомирського Полісся : монографія / П.П. Надточій, В.І. Ратошнюк, І.Ю. Ратошнюк [та ін.] ; за заг. ред. П.П. Надточія і С.М. Рижука. Житомир : Вид. ПП «Рута», 2020. 204 с.
2. Агроекологічна оцінка земель, проектування адаптивно-ландшафтних систем землеробства та агротехнологій. Москва, 2005. 784 с.
3. Ворона Л.І. Вплив добрив і способів обробки земель на вміст в ній радіоцезію і надходження його в рослинницьку продукцію : *Тези доп. міжд. наук. конф. «Проблеми с.-г. радіоекології через десять років після аварії на ЧАЕС»*. Житомир, 1996. С. 127–129.
4. Ґрунтові ресурси України: збалансоване використання, прогноз та управління / за наук. ред. С.А. Балюка, М.М. Мірошніченка, Р.С. Тускавцького. Харків : ФОП Бровкін О.В., 2020. 452 с.
5. Гудков І.М., Лазарев М.М. Проблеми реабілітації та повернення до використання забруднених радіонуклідами ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск. Книга 2*. Харків : ПП «Стиль-Іздат», 2018. С. 83–91.
6. Деталізована поживність кормів та раціони годівлі корів у зоні радіоактивного забруднення Полісся України. «Тетерів», 1994. 288 с.
7. Доспехов Б.А. Методика польового досвіду. Вид. 5-е. Москва : Агропромиздат, 1985. 352 с.
8. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур : метод. рек. Ю.О. Тараріко [та ін.] ; УААН, Ін-т агроекології та біотехнології. Київ : Нора-прінт, 2001. 60 с.
9. Медведєв В.В. Моніторинг ґрунтів України. Концепція. Підсумки. Завдання. (2-е переглянуте та доповнене видання). Харків : КП «Міська друкарня», 2012. 536 с.
10. Мінесв В.Г., Гомонова Н.Ф., Овчиннікова М.Ф. Родючість та біологічна активність дерново-підзолистого ґрунту при тривалому застосуванні добрив та їх післядії. *Агрохімія*. 2004. № 7. С. 5–10.
11. Надточій П.П., Ратошнюк В.І., Ратошнюк Т.М. Вплив добрив та обробітки на якісний стан дерново-підзолистого ґрунту та продуктивність польових культур сівозміни в умовах Житомирського Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5(818). С. 5–15. doi: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202105-01>.
12. Надточій П.П. Визначення кислотно-основної буферності ґрунтів. *Ґрунтознавство*. 1993. № 4. С. 34–39.
13. Надточій П.П., Мислива Т.М. Еталонні величини кислотно-основної буферності дерново-підзолистих ґрунтів для фонового моніторингу. *Агрохімія*. 2014. № 3. С. 83–89.
14. Орлов Д.С. Хімія ґрунтів. Москва : Вид-во Моск. ун-ту, 1985. 376 с.

15. Орлов Д.С. Еколого-геохімічні проблеми гумусоутворення. Роль органічної речовини у формуванні ґрунтів та їх родючості. Наук. тр. Ґрунт. ін-та ім. В.В. Докучаєва. Москва, 1990. С. 5–15. Постанова Кабінету Міністрів Української РСР від 23 липня 1991 р. № 106 «Про організацію виконання постанов Верховної Ради Української РСР про порядок введення в дію законів Української РСР «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» та «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/106%D0%B0-91-%D0%BF#Text>.

16. Радіаційна ситуація на сільськогосподарських угіддях Чернігівської області та заходи щодо зниження її негативної дії / під ред. П.П. Надточія. Київ : Аграрна наука, 1998. 78 с.

17. Трускавецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів і їх основні функції. Харків : ППВ «Нове слово», 2003. 225 с.

Nadtochiy P. P.

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief researcher at the Department of Agriculture, Crop Production,
Primary and Elite Seed Production,
Polissia Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: pnadtochy@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-1984-8004*

Ratoshniuk V. I.

*Doctor of Agricultural Sciences, Senior researcher,
Head at the Department of Agriculture, Crop Production,
Primary and Elite Seed Production,
Polissia Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: viktor.ratoshnyuk@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6937-7541*

Ratoshniuk T. M.

*Candidate of Agricultural Sciences, Senior researcher,
Leading researcher at the Department of Agriculture, Crop Production,
Primary and Elite Seed Production,
Polissia Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: viktor.ratoshnyuk@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1097-0874*

THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE AGRO-ECOLOGICAL STATE OF THE SEED-FLOOR SOIL AND THE PRODUCTIVITY OF CROP ROTATION CULTURES

Abstract

The aim of the article is to conduct a comparative evaluation of the effectiveness of different options for long-term (1981–2021) application of 9-field crop rotation fertilizer to improve agroecological status of radioactively contaminated sod-podzolic soil and impact on crop productivity, as well as minimize ¹³⁷Cs crop production.

Based on the data obtained in a long field experiment (1981–2021), laid down on turf-podzolic soil, it has been established that the use of 7.8 t/ha of $N_{37}P_{63}K_{75}$ per 1 hectare of a crop rotation area (organo-mineral fertilizer) and 3.9 t/ha of $N_{28.5}P_{32.5}K_{35.5}$ + 0.7 t/ha straw + 2.22 t/ha of green mass (alternative fertilizer) provided by 0.26–0.28% increase in humus content in comparison with control. In the process of long-term application of these crop rotation fertilizer systems there was a significant increase in hydrolytic acidity compared to baseline. It was proved that the crop yield of crop rotation, except for lupine, grown on radioactively contaminated sod-podzolic soils with a specific activity of ¹³⁷Cs (166–196 Bq/kg) was significantly below the permissible levels of this radionuclide (DR-2006).

The soil area of the experimental field is characterized by a very low level of trace elements – mobile boron and molybdenum.

It is suggested that in conditions of shortage of mineral fertilizers in farms of different forms of ownership of Zhytomyr Polissya, preference should be given to the introduction of an alternative system of crop fertilization in crop rotation using straw and green mass of green manure.

Prospects for further research should focus on studying issues related to liming of sod-podzolic soil, options for organo-mineral and alternative fertilizer systems in accordance with acid-base buffering and study the effectiveness of additional application of molybdenum and boron under clover on hay and lupine narrow-leaved for grain.

Key words: crop rotation, fertilizer system, tillage, humus, physicochemical properties, radioactivity, crop productivity, efficiency.

References

1. Nadochy, P. P., & Ratoshniuk, V. I. (2020). *Agroecological substantiation of methods of cultivation of sod-podzolic soil and fertilization systems of field crops in the zone of radioactive contamination of Zhytomyr Polissya: monograph* (General ed. Nadochii, P. P. & Rizhuk, S. M.). Zhytomyr: PP "Ruta" [in Ukrainian].
2. *Agro-ecological rating Lands, projecting of adaptive-landscape systems of land and agrotechnology* (2005). М : Fitsinformagrotech" [in Ukrainian].
3. Vorona, L. I. (1996). The effect of fertilizers and methods for treating the soil on the content in it raditisia and the flow of it into crop production (*the abstracts of the report. interd. Scientific conf. "Problems S.-H. Radioecology 10 years later after the Chernobyl accident*). Zhytomyr, 127–129. [in Ukrainian].
4. Balyuk, S.A., Miroschnichenko, M.M., & Tuskavetsky, R.S. (Eds.) (2020). *Soil resources of Ukraine: balanced use, forecast and management / for sciences*. Kharkiv: FOP Brovkin, O. V.
5. Gudkov, I. M. & Lazarev, M. M. (2018). Problems of rehabilitation and return to the use of soils contaminated with soil radionuclides. *Agrochemistry and soil science. Interagency thematic scientific collection*. Special release. Book 2. Kharkiv: PP "Style-Isat", pp. 83–91 [in Ukrainian].
6. *Detailed nutrient content of feeds and feeding rations of cows in the zone of radioactive contamination of Polissya of Ukraine*. (1994). "Teteriv". [in Ukrainian]
7. Dospikhov, B. A. (1985). *Methods of field experience* (5th Ed.). Moskow : Agropromizdat" [in Ukrainian].
8. *Energy evaluation of agricultural and cultivation technologies*: (2001). Method. REC. Yu. O. Tarariko [etc.]; UAAS, Institute of Agroecology and Biotechnology. Kyiv : Nora-Print. [in Ukrainian].
9. Medvedov, V.V. (2012). *Monitoring of Ukraine. The concept. By task. (2-nd rearrangement and supplementary description)*. Kharkiv: KP "Gorodskaya Printing" [in Ukrainian].
10. Mineev, V. G., Homonova, N. F. & Ovchinnikova, M. F. (2004). Plane and biological activity of turf-podzolic signs with a long basis of fertilizer and idle. *Agrochemia*, 7, 5–11. [in Ukrainian].
11. Nadochy, P. P. (2014). Determination of the acid-main bufferiness of soils. *Soil science*, 4, 34–39. [in Ukrainian].
12. Nadochy, P. P. & Myslyva, T. N. (2014). The reference values of the acid-main bufferiness of the turf-podzolic soils for background monitoring. *Agrochemistry*, 3, 83–89 [in Ukrainian].
13. Nadochy P.P., Ratoshniuk V.I., Ratoshnyk T.M. (2021). The influence of fertilizers and tillage on the quality of sod-podzolic soil and the productivity of field crops of crop rotation in the conditions of Zhytomyr Polissia. *Herald of Agrarian Science*, 5 (818), 5–15. doi: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202105-0> [in Ukrainian].
14. Orlov, D. S. (1985). *Chemistry soil*. М : Publishing House Mosk. University" [in Ukrainian].
15. Orlov, D. S. (1990). Ecological and geochemical problems of humus formation. The role of organic matter in the formation of soils and their fertility. *Scientific tr. Soil in-ta im. V.V. Dokuchaeva*, 5-15. [in Ukrainian].
16. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Ukrainian SSR of July 23, 1991 No. 106 "On the organization of execution of the Verkhovna Rada of the Ukrainian SSR on the procedure for the implementation of the laws of the Ukrainian SSR" On the legal regime of the territory that suffered radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster "and" On Status. and social protection of citizens who suffered as a result of the Chernobyl disaster". Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/106%D0%B0-91-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
17. Slaughter, P. P. (Ed.) (1998). *Radiation situation on agricultural lands of the Chernihiv region and measures to reduce its negative action*. Kyiv: Agrarian science [in Ukrainian].
18. Truskavets, R.S. (2003). *Buffer ability of soils and their basic functions*. Kharkiv: PPV "New Word" [in Ukrainian].