



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.153.3:631.4:631.
504.062
© 2021

ВПЛИВ ДОБРИВ І ОБРОБІТКУ НА ЯКІСНИЙ СТАН ДЕРНОВО- ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР СІВОЗМІНИ В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

П.П. Надточій¹, В.І. Ратошнюк², Т.М. Ратошнюк³

^{1,2}доктори сільськогосподарських наук

³кандидат економічних наук

Інститут сільського господарства Полісся НААН

Київське шосе, 131, м. Житомир, 10007, Україна

e-mail: ¹pnadtochy@yahoo.com, ^{2,3}viktor.ratoshnyuk@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-1984-8004, ²0000-0001-6937-7541, ³0000-0002-1097-0874

Надійшла 02.03.2021

Мета. Провести порівняльну оцінку продуктивності різних варіантів тривалого застосування системи удобрення в 9-пільній польовій сівозміні та обробітку радіоактивно забрудненого дерново-підзолистого ґрунту щодо його агроекологічного стану і впливу на продуктивність польових культур. Розробити заходи для мінімізації надходження ¹³⁷Cs до продукції рослинництва. **Методи.** Польовий, лабораторно-аналітичний, математико-статистичні. **Результати.** Досліджено вплив тривалого застосування систематичного внесення добрив у сівозміні та варіантів основного обробітку дерново-підзолистого ґрунту на гумусовий стан, фізико-хімічні й агрохімічні властивості. Визначено, що тривале використання органічної системи удобрення на фоні плоскорізного обробітку ґрунту на 20–22 см забезпечує позитивний баланс запасів гумусу на рівні 9,8 т/га. Полицевий обробіток ґрунту на 20–22 см за використання органічної й органо-мінеральної систем удобрення сприяв зниженню питомої активності ¹³⁷Cs на 42,6–43,9 % порівняно з перелогом (296 Бк/кг). Доведено, що польові культури відповідно до зростання здатності накопичувати ¹³⁷Cs розміщуються в такій послідовності: люпин вузьколистий (насіння) > кукурудза (зелена маса) > пшениця озима і ячмінь ярий. **Висновки.** Встановлено, що органо-мінеральна система удобрення (7,8 т гною + N₅₇P₆₃K₇₅ на 1 га сівозмінної площі за ротацію 9-пільної сівозміни) за проведення оранки ґрунту на глибину 20–22 см під просапні культури та 18–20 см — під культури суцільної сівби забезпечує найвищий вихід кормових одиниць

(4,6 т) на 1 га сівозмінної площі за ротацію. Урожай культур сівозміни, за виключенням зерна люпину вузьколистого, отриманий під час вирощування на радіоактивно забрудненому дерново-підзолистому ґрунті (< 290 Бк/кг ^{137}Cs) за питомою активністю цього радіонукліда виявився значно нижче Державних гігієнічних нормативів «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді» (ДР-2006).

Ключові слова: уміст гумусу, фізико-хімічні властивості, продуктивність культур, система удобрення у сівозміні, радіоактивність, обробіток ґрунту.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-01>

Довготривале використання ґрунтового покриву поліського регіону України в якості орних угідь, відчуження із біологічного кругообігу значної частини органічної речовини у вигляді господарського урожаю, а також негативні наслідки інших антропогенних навантажень призвели до значного погіршення його агроекологічного стану. Порушено віками встановлену динамічну рівновагу між розпадом і синтезом органічної речовини, що слугує основою продуктивного використання земель та визначає обмін речовин і енергії в системі «ґрунт–рослина–атмосфера» [1, 2, 3]. Упродовж останніх десятиріч зниження родючості ґрунту як сукупності його відповідних ґрунтових режимів, які визначають рівень продуктивності агроєкосистем, було викликане недостатнім внесенням органічних і мінеральних добрив [4]. Значно погіршили загальну агроекологічну ситуацію в регіоні і наслідки аварії на ЧАЕС [5, 6, 7]. Це актуалізує потребу вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур, урожай яких за радіоактивним забрудненням має бути значно нижчим сучасних допустимих рівнів вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006).

За таких умов зростає потреба в науковому обґрунтуванні конкретних заходів для створення оптимальних ґрунтових умов для польових культур відповідно до їх біологічних вимог.

Виявлення розбіжностей стосовно нестачі елементів живлення, оптимальних фізичних властивостей, водно-повітряного режиму, а також інших несприятливих показників якісного стану ґрунту для формування високої врожайності адаптованих до сучасних

умов змін клімату польових культур досягається за довготривалих багатофакторних дослідів у сівозмінах, на основі норм внесення добрив під певні культури, засоби захисту рослин і варіанти обробітку ґрунту [8, 9].

Реалізація зазначених завдань можлива за умови проведення довготривалих польових дослідів, схемою яких передбачено комплексне поєднання варіантів обробітку ґрунту і систем удобрення у сівозміні адаптованих до природно-кліматичних умов сільськогосподарських культур.

Мета досліджень — провести порівняльну оцінку ефективності різних варіантів тривалого застосування системи удобрення у 9-пільній сівозміні та обробітку радіоактивно забрудненого дерново-підзолистого ґрунту для поліпшення його агроекологічного стану і впливу на продуктивність польових культур, а також можливості мінімізувати надходження ^{137}Cs у продукції рослинництва в умовах Житомирського Полісся.

Методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2009–2020 рр. у довготривалому польовому досліді Інституту сільського господарства Полісся НААН, закладеному в 1981 р. у вигляді 9-пільної польової сівозміни на дерново-середньо-підзолистому супіщаному ґрунті (с. Грозине Коростенського району Житомирської області), що розміщувалася на 4-х полях. Територія с. Грозине у результаті наслідків аварії на ЧАЕС віднесена до зони гарантованого добровільного відселення.

У досліді вивчалися 4 варіанти обробітку ґрунту (фактор А) на 3-х фонах удобрення (фактор Б). **Фактор А (спосіб основного обробітку ґрунту).** 1. Оранка на глибину 18–20 см під культури суцільної сівби та оранка на 20–22 см під просяпні культури;

2. Оранка на глибину 12–14 см під всі культури; 3. Обробіток дисковими знаряддями на глибину 8–10 см під культури суцільної сівби та 10–12 см під просапні культури; 4. Безполицевий обробіток ґрунту плоскорізними знаряддями на глибину 18–20 см під всі культури. **Фактор Б (система удобрення).** Фон 0 — без добрив (кореневі рештки), (контроль); Фон 1 — органо-мінеральна система удобрення (1 доза гною + NPK під просапну культуру та NPK під інші культури сівозміни); Фон 2 — органічна система удобрення (1/2 дози гною + сидерат + побічна продукція попередника + N₁₀ на кожну її тонну під просапну культуру та побічна продукція попередника + N₁₀ на кожну її тонну під інші культури сівозміни).

Профіль дерново-підзолистого супіщаного ґрунту має таку морфологічну характеристику:

HE (0–24 см) — гумусово-елювіальний, світло-сірий, свіжий, пілувато-грудочкуватий, пухкий, пронизаний корінням трав'янистої рослинності, супіщаний, перехід до наступного горизонту чіткий;

E (25–44 см) — білесий, свіжий, слабоуцільнений, глинисто-піщаний, структура зернисто-грудочкувата, наявна аморфна

присипка SiO₂, зрідка трапляються корені трав'янистої рослинності, перехід до наступного горизонту поступовий;

I (45–101 см) — червоно-бурий, неоднорідний за кольором, свіжий, грудочкувато-горіхуватий, міцної структури, супіщаний, перехід до наступного горизонту поступовий;

I_{ргl} (102–135 см) — червоно-бурий, неоднорідного кольору, зволожений, наявні плями бурого супіску діаметром 4–6 см, грудочкувато-горіхуватий, злегка ущільнений, у нижній частині горизонту видимі ознаки оглеєння, наявні іржаво-охристі плями R₂O₃ по гранях структурних окремоостей, перехід до наступного горизонту слабвиражений;

Pgl (136–180 см) — світлувато-сірий, вологий, безструктурний, глинисто-піщаний наявні іржаво-охристі плями, у нижній частині профілю ґрунтоутворна порода — суглинкові моренні відклади супіщаного гранулометричного складу.

Схема чергування культур і норми внесення добрив у 4-й ротації сівозміни наведені в табл. 1.

Показники фізико-хімічних і агрохімічних властивостей орного шару ґрунту подано у табл. 2, 3.

1. Схема розміщення культур і норми внесення добрив у 4-й ротації сівозміни (2009–2017 рр.)

Культура	Варіанти системи удобрення		
	Фон 0	Фон 1	Фон 2
Овес + пелюшка	Післяжнивні кореневі рештки	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Тритикале яре	»	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀
Люпин (зерно)	»		
Жито озиме	»	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Картопля	»	40 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	40 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 3 т/га соломи + 12 т/га зеленої маси сидерата
Пшениця яра	»	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Конюшина (сіно)	»	P ₆₀ K ₆₀	P ₃₀ K ₃₀
Пшениця озима	»	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
Кукурудза (зелена маса)	»	30 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	40 т/га гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + 3 т/га соломи + 12 т/га зеленої маси сидерата
Усього за ротацію	»	70 т/га гною + N ₅₁₀ P ₅₇₀ K ₆₆₀	35 т/га гною + N ₂₅₅ P ₂₈₅ K ₃₃₀
На 1 га сівозмінної площі	»	7,8 т/га гною + N ₅₇ P ₆₃ K ₇₅	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 сидерата

Дослід закладено методом розщеплених ділянок: на ділянках першого порядку із посівною площею 529 м² вивчаються способи обробітку ґрунту, на ділянках другого порядку з обліковою площею 72 м² — системи удобрення. Повторність у досліді — 3-разова.

Виконання дослідних робіт (спостереження, обліки, аналізи) проводили згідно загальноприйнятих методів та методик, що відповідають Держстандартам України. У зразках ґрунту загальний гумус визначали згідно з ДСТУ 4289:2004; рН сольової витяжки — згідно з ГОСТ 26483; гідролітичну кислотність — згідно з ГОСТ 26212; суму обмінних основ — згідно з ДСТУ ISO 11260; обмінні кальцій і магній — згідно з ГОСТ 26487; лужногідролізований азот — за Корнфільдом згідно з ГОСТ 2611–84; рухомий фосфор і обмінний калій — згідно з ГОСТ 26207; питому активність ¹³⁷Cs у ґрунті і рослинній продукції — гама-спектрометрично із використанням гама-спектрометра СЕГ-05Н (ГН 6.6.1. — 130-2006).

Статистичну обробку отриманих експериментальних даних проводили за методикою Б.А. Доспехова [10] та з використанням прикладної комп'ютерної програми EXCEL (2-факторний дисперсійний аналіз із повтореннями).

Збирання і облік врожаю зернових культур у довготривалому стаціонарному досліді проводили методом суцільного збирання з усієї облікової площі ділянок комбайном «Сампо» за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [11]. Облік урожаю в тимчасовому польовому досліді проводили поділянково, методом суцільного збирання і обмолоту насіння вручну з наступним перерахунком сіна люцерни на повітряно суху вологість, насіння — на 12% вологість і 100% чистоту; зерна пшениці озимої — на 100% чистоту і 14% вологість. Урожай соломи пшениці озимої визначали зважуванням повітряно-сухої маси, отриманої з кожної ділянки. Збір врожаю кукурудзи проводили у фазу молочної стиглості поділянково з наступним зважуванням її сирої маси.

Перерахунок продуктивності культур сівозміни (1 кг маси врожаю) у кормові (вівсяні) одиниці проведено згідно з даними,

опублікованими у Довіднику з кормовиробництва [12]; коефіцієнти перерахунку становили: сумішка (пелюшка + 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.

Агротехнологія вирощування культур, крім способів обробітку і удобрення, загальноприйнята для зони Полісся.

Результати досліджень. Якісний стан ґрунту в умовах агроценозів Житомирського Полісся, як здатність до функціонування у штучних екосистемних зв'язках забезпечувати продуктивний процес культурних рослин, значно залежить від умісту і запасів гумусу, оскільки за інтенсивного ведення землеробства органічна речовина виконує кілька 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 [13, 14, 15].

Дослідженнями встановлено, що вміст і запаси гумусу в орному шарі ґрунту в результаті тривалого систематичного внесення добрив і способів обробітку мали певні відмінності (табл. 2).

Згідно з чинним ДСТУ 4362:2004 «Показники родючості ґрунту» ґрунт стаціонарного досліді за вмістом гумусу відноситься до групи із дуже низьким його значенням. Залежно від варіантів обробітку і удобрення його варіювання становило від 0,90 % (оранка без внесення добрив) до 1,38 % (дискування, органічна система удобрення). Характерно, що в орному шарі, який тривалий час (1982–2019 рр.) знаходився без обробітку, вміст гумусу становить 1,40 %.

Загалом, для дерново-підзолистих ґрунтів властива кисла або близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину. Дослідження засвідчили (табл. 3), що межі актуальної кислотності (рН_{КС1}) орного шару ґрунту варіюють від 5,4 до 6,0 одиниць рН. На варіанті звичайної оранки без внесення добрив ґрунт слід класифікувати як слабокислий, на решті варіантів — як близький до нейтрального. Гідролітична кислотність ґрунту не перевищує 2,7 мекв./100 г ґрунту.

Важливим агроекологічним параметром ґрунту вважають суму ввібраних основ, яка визначається, переважно, вмістом лужноземельних катіонів кальцію і магнію. Кальцій і магній виконують низку важливих позитивних функцій: слугують регуляторами реакції середовища, виступають в якості коагуляторів ґрунтових колоїдів, беруть активну участь у закріпленні гумусу в ґрунті, мобілізують доступність для рослин елементів живлення та ін. [16, 17, 18]. Отже, без створення досить потужного обмінного комплексу, значна роль в якому належить кальцію, майже неможливо вирішити проблему підвищення вмісту органічної речовини у дерново-підзолистих ґрунтах Полісся [19]. За умов стаціонарного дослідження сума увібраних основ характеризується досить низькими параметрами і варіює в межах 1,77–2,83 мекв./100 г ґрунту. На варіантах без внесення добрив за використання звичайної оранки на глибину 20–22 см і мілкої — на 12–14 см зазначений показник

не перевищував 1,98 мекв./100 г ґрунту. Співвідношення між Ca^{++} і Mg^{++} , залежно від варіантів дослідження варіювало в межах 3,5–4,0:1. Ступінь насиченості ґрунту основами, залежно від варіантів обробітку ґрунту і систем удобрення, змінювалася у досить широкому діапазоні — від 60,6 % на варіанті за звичайної оранки без використання добрив до 74,1 %, на варіанті органічної системи удобрення за плоскорізного обробітку. Слід зазначити, що ґрунт, який упродовж 1982–2019 рр. знаходився у стані перелогу, мав найвищий показник ступеня насичення основами — 77,4 %.

Уміст лужногідролізованого азоту у варіантах дослідження не перевищував 64,8 мг/100 г, що відповідає дуже низькому рівню його забезпечення, незалежно від варіантів системи удобрення та способів обробітку ґрунту. Межі варіювання вмісту рухомого фосфору в орному шарі становили від 39,5 (варіант звичайної оранки без внесення добрив) до 98,8 мг/кг (варіант

2. Вплив тривалого застосування способів основного обробітку ґрунту на зміну вмісту й запасів гумусу в орному (0–22 см) шарі дерново-підзолистого ґрунту

Спосіб обробітку ґрунту	Варіант системи удобрення*	Уміст і запаси гумусу		Різниця до показників 1981 року, ±	
		%	т/га	%	т/га
<i>1981 рік (період закладання дослідження), n=5</i>					
		1,02 ± 0,048	29,72 ± 0,834	—	—
<i>2017 рік (кінець четвертої ротації сівозміни)</i>					
Звичайна оранка 20–22 см, контроль	0	0,90	25,73	–0,12	–3,99
	1	1,16	32,92	0,14	3,20
	2	1,18	33,49	0,16	3,77
Мілка оранка, 12–14 см	0	0,92	26,11	0,10	–3,61
	1	1,20	34,06	0,18	4,34
	2	1,24	35,20	0,22	5,48
Дискування, 12–14 см	0	0,94	26,41	–0,09	–3,31
	1	1,35	38,98	0,32	9,26
	2	1,38	39,18	0,36	9,44
Плоскорізний обробіток, 20–22 см	0	0,93	26,41	–0,09	–3,31
	1	1,34	38,98	0,32	9,26
	2	1,36	39,56	0,34	9,84
<i>Переліг (1982–2019 рр.), n=5</i>					
		1,40 ± 0,052	39,64 ± 1,075	0,38	9,92
Примітка. *0 — Без добрив, фон; 1 — 7,8 т гною + N_{57} , P_{63} , K_{75} на 1 га сівозмінної площі за ротацію сівозміни; 2 — 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 за ротацію сівозміни.					

3. Вплив тривалого застосування способів основного обробітку дерново-підзолистого суцільного ґрунту та систем удобрення на агроекологічні показники орного шару (0 – 22см)

Спосіб та глибина обробітку ґрунту	Фон удобрення*	Агроекологічні показники									
		pH _{KCl}	Hг	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	V, %	N л.-г.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Питома активність ¹³⁷ Cs, Бк/кг ґрунту (n=5)
		мекв./100 г ґрунту						мг/кг			
<i>1981 рік (період закладання дослідів)</i>											
		5,5	0,88	1,55	0,35	2,03	69,7	60,9	100,2	104,8	не визн.
<i>2017 рік (кінець 4-ї ротації сівозміни)</i>											
Звичайна оранка, 20 – 22 см (контроль)	0	5,6	1,15	1,32	0,33	1,77	60,6	50,2	39,5	31,2	182 ± 6,9
	1	5,4	1,00	1,36	0,35	1,85	64,9	53,4	80,3	96,4	166 ± 6,5
Мілка оранка, 12 – 14 см	0	5,6	1,10	1,52	0,38	2,02	64,7	55,6	58,4	90,4	170 ± 6,8
	1	5,8	1,08	1,50	0,38	1,98	64,7	52,4	40,2	34,1	230 ± 8,9
Дискування, 12 – 14 см	0	5,7	1,00	1,44	0,36	1,95	66,1	56,5	90,2	110,0	215 ± 7,8
	1	5,5	1,05	1,52	0,40	2,08	66,5	58,5	60,6	98,8	220 ± 7,7
Плоскорізнний обробіток, 20 – 22 см	0	5,7	1,10	1,48	0,42	2,05	65,1	52,6	40,8	32,1	274 ± 8,8
	1	5,5	1,15	2,08	0,52	2,74	70,4	58,1	97,4	110,6	252 ± 7,7
Плоскорізнний обробіток, 20 – 22 см	0	5,6	1,08	2,14	0,54	2,79	72,1	57,4	64,4	114,0	266 ± 8,1
	1	5,8	0,94	1,76	0,44	2,32	71,2	54,4	42,2	32,6	289 ± 8,3
Переліг, 0 – 22 см	0	5,5	1,04	2,10	0,52	2,74	72,5	64,8	98,8	118,8	255 ± 7,5
	1	5,6	0,98	2,16	0,54	2,83	74,1	62,6	70,2	110,5	271 ± 8,0
<i>2019 рік</i>											
Переліг, 0 – 22 см		5,8	0,86	2,32	0,56	2,95	77,4	60,2	46,6	40,6	296 ± 11,5

Примітка. *0 — Без добрив, фон; 1 — 7,8 т гною + N₅₇, P₆₃, K₇₅ на 1 га сівозмінної площі за ротацію сівозміни; 2 — 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 за ротацію сівозміни.

плоскорізного обробітку ґрунту на глибину 20–22 см за органо-мінеральної системи удобрення). Згідно з чинним ДСТУ 4362:2004 рівень забезпечення ґрунту P₂O₅ на варіантах без внесення добрив слід вважати дуже низьким, а на варіантах, де використовувалася органо-мінеральна і органічна система удобрення — середнім. Виявлено значне коливання вмісту в ґрунті обмінного калію — від 31,1 (оранка без внесення добрив) до 118,8 мг/кг (плоскорізнний обробіток, мінеральна система удобрення).

У зв'язку з наслідками аварії на ЧАЕС особливої актуалізації набули питання пов'язані з розробкою заходів щодо зниження надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва, що виробляється

на радіоактивно забрудненій території. Основні технологічні прийоми агропромислового виробництва впливають на прояв окремих механізмів взаємодії радіонуклідів з абіотичною складовою ґрунту і, таким чином, визначають тенденції змін стану і поведінки радіонуклідів як загалом в агроєкосистемі, так і в ґрунті зокрема [7, 20]. Оранка та інші види механічного обробітку ґрунту на забруднених територіях сприяють залученню додаткової кількості ґрунтової маси до взаємодії з радіонуклідами, а отже, — сприяють розбавленню і сорбційному закріпленню радіонуклідів в органічній і мінеральній частинах ґрунту.

Результати досліджень свідчать про те (табл. 3), що тривале застосування різних способів основного обробітку і систем

удобрення ґрунту істотно вплинуло на питому активність ^{137}Cs в орному шарі. Так, на варіантах, де проводили звичайну оранку, варіювання питомої активності у зразках, відібраних із орного шару ґрунту на фоні трьох варіантів удобрення, виявилось значно нижчим, ніж за інших варіантів обробітку ґрунту за подібних систем удобрення. При цьому, найефективнішою виявилася органо-мінеральна система удобрення. В умовах перелогу цей показник був найвищим і варіював у межах $296 \pm 11,5$ кБк/кг. Характерно, що ^{137}Cs відзначається значною рухомістю і з часом майже рівномірно розподіляється за профілем гумусово-елювіального горизонту в результаті зв'язування радіонукліда за рахунок його дифузії в кристалічну решітку деяких мінералів монтморилонітової і каолінітової груп, утворюючи комплексні сполуки.

Викликало інтерес дослідження особливостей надходження ^{137}Cs із ґрунту до рослин у ланці польової сівозміни залежно від способів обробітку та варіантів системи удобрення. Установлено, що накопичення

радіонукліда значно залежало від біологічних особливостей культур і технології їх вирощування (табл. 4). Так, питома активність ^{137}Cs у зерні люпину вузьколистого залежно від факторів досліду коливалася в межах від 37 до 216 Бк/кг, у зерні пшениці озимої та ячменю ярого — від 5 до 14 Бк/кг, у зеленій масі кукурудзи — від 14 до 60 Бк/кг. Способи обробітку загалом не мали значного впливу на накопичення радіонукліда в зерні та насінні. Проте, на неудобреному фоні за оранки в зерні люпину та зеленій масі кукурудзи ^{137}Cs накопичувалося в 1,2–1,3 раза більше, ніж за дискування. Згідно з ДР-2006 питома активність ^{137}Cs лише в зерні люпину на деяких варіантах досліду без внесення добрив значно перевищувала допустимі рівні вмісту цього радіонукліда в урожаї (< 50 Бк/кг). Проведені раніше дослідження підтвердили [8], що питома активність урожаю інших польових культур (картоплі, сої, вівса, пелюшки, льону) була нижче діючих державних нормативів.

Найдієвішим заходом зниження питомої активності ^{137}Cs в урожаї виявилось

4. Питома активність ^{137}Cs та коефіцієнти його накопичення в продукції рослинництва залежно від способу основного обробітку ґрунту та удобрення, за роками (2016 – 2019 рр.)

Спосіб і глибина обробітку ґрунту, см	Удобрення*	Зерно пшениці озимої		Зерно ячменю ярого		Зелена маса кукурудзи		Зерно люпину	
		Бк/кг	Кн*	Бк/кг	Кн	Бк/кг	Кн	Бк/кг	Кн
		2016		2017		2018		2019	
Звичайна оранка, 20 – 22 см (контроль)	0	12,0±0,35	0,06	10,2±0,36	0,06	63,2±2,02	0,34	216,2±5,25	1,17
	1	7,9±0,26	0,04	7,5±0,28	0,06	22,3±0,64	0,11	48,9±1,66	0,23
	2	9,5±0,31	0,04	9,6±0,30	0,06	30,2±0,78	0,14	121,0±3,70	0,57
Мілка оранка, 12 – 14 см	0	12,6±0,39	0,07	12,6±0,36	0,06	60,2±2,00	0,35	199,3±5,12	1,14
	1	7,8±0,30	0,04	7,3 ±0,28	0,06	18,6±0,59	0,09	45,9±1,39	0,21
	2	10,1±0,33	0,06	11,2±0,34	0,06	31,8±0,70	0,20	93,1±2,88	0,58
Дискування, 10 – 12 см	0	13,4±0,44	0,07	13,6±0,43	0,06	45,6±1,35	0,21	175,0±4,68	0,82
	1	9,1±0,29	0,04	7,2±0,27	0,06	14,1±0,42	0,05	37,1±1,18	0,14
	2	11,6±0,34	0,05	10,1±0,38	0,06	28,3±0,82	0,11	80,1±2,56	0,31
Плоскорізний обробіток, 20 – 22 см	0	11,8±0,35	0,05	12,3±0,40	0,06	50,8±1,60	0,20	200,4±6,15	0,79
	1	9,5±0,32	0,04	7,4±0,29	0,06	17,6±0,54	0,07	40,8±1,32	0,16
	2	9,5±0,36	0,05	9,0±0,32	0,06	30,2±0,92	0,15	99,4±3,18	0,48

Примітки. *0 — без добрив; 1 — органо-мінеральна система удобрення; 2 — органічна система удобрення; **Кн — коефіцієнт накопичення (відношення питомої активності радіонукліда в урожаї (Бк/кг) до питомої його активності в ґрунті).

5. Вплив способів обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність культур у 4-й ротації зерново-просапної сівозміни, за роками (2009 – 2017 рр.)

Система удобрення та спосіб обробітку ґрунту	Урожайність, т/га									Вихід кормових одиниць на 1 га сівозміної площі за ротацію, т	
	овес + пелюшка	трикале яре	люпин вузьколистий (зерно)	жито озиме	картопля	пшениця яра	коношина (сіно)	пшениця озима	кукурудза (зелена маса)		
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Без добрив (контроль)	Оранка 18 – 20 см	1,85	0,91	0,93	2,34	7,90	1,84	2,55	2,38	14,50	2,16
	Оранка 12 – 14 см	1,66	0,86	0,92	2,28	7,12	1,74	2,41	2,32	13,26	2,03
	Дискування 8 – 10 см	2,01	0,80	0,54	2,07	8,19	2,37	2,70	2,09	9,40	1,98
	Плоскорізний обробіток 18 – 20 см	1,65	0,85	0,74	2,40	8,29	1,72	2,15	2,44	10,47	1,98
	Фактор Б НІР ₀₅	0,05	0,02	0,02	0,06	0,29	0,05	0,07	0,07	0,50	0,05
Органо-мінеральна	Оранка 18 – 20 см	2,86	2,68	1,91	3,77	16,40	3,18	5,19	3,12	48,60	4,60
	Оранка 12 – 14 см	2,45	2,57	1,87	3,42	16,17	3,05	4,76	2,83	46,47	4,34
	Дискування 8 – 10 см	2,61	1,62	1,51	3,40	16,10	3,78	5,15	2,96	31,40	3,47
	Плоскорізний обробіток 18 – 20 см	2,37	2,47	1,68	3,02	16,63	2,94	4,44	2,50	42,32	4,06
	Фактор Б НІР ₀₅	0,07	0,05	0,04	0,10	0,60	0,08	0,14	0,09	1,78	0,11
Органічна	Оранка 18 – 20 см	2,66	1,19	1,54	3,32	13,20	2,78	4,57	2,86	41,80	3,84
	Оранка 12 – 14 см	2,04	0,81	1,46	3,40	13,06	1,90	3,93	2,93	39,27	3,49
	Дискування 8 – 10 см	2,29	1,12	1,37	2,57	13,27	2,72	3,38	2,75	29,00	3,19
	Плоскорізний обробіток 18 – 20 см	2,11	0,81	1,37	2,86	13,06	1,89	3,85	2,47	31,49	3,11
	Фактор Б НІР ₀₅	0,06	0,02	0,03	0,09	0,48	0,06	0,12	0,09	1,51	0,09
НІР ₀₅	Фактор А добрива	0,05	0,03	0,02	0,06	0,32	0,05	0,10	0,06	0,76	0,08
	Фактор Б обробітки	0,06	0,03	0,03	0,08	0,46	0,06	0,11	0,08	1,27	0,09
	Фактор АБ комплексна дія факторів	0,07	0,05	0,05	0,08	0,14	0,06	0,09	0,10	0,18	0,07

6. Дані 2-факторного дисперсійного аналізу щодо впливу удобрення та способів обробітку ґрунту на вихід кормових одиниць із 1 га сівозмінної площі за ротацію 9-пільної сівозміни

Джерело варіації	Сума квадратів (SS)	Число ступенів вільності (df)	Середній квадрат відхилення, (MS)	Вирахувана статистика (Fспост.)	Точність дослід, % (P)	Критичні значення F за P=0,95 (Fкрит.)
Вибірка	26,8296	2	13,4148	1122,577	1,96E-24	3,402826
Стовпці	2,186075	3	0,728692	60,97838	2,26E-11	3,008787
Взаємодія	0,9826	6	0,163767	13,70432	1,01E-06	2,508189
Усередині	0,2868	24	0,01195			
Усього	30,28508	35				

систематичне внесення в сівозміні органічних і мінеральних добрив. Так, за внесення до ґрунту 7,8 т гною + N₅₇P₆₃K₇₃ на 1 га сівозмінної площі радіоактивність ¹³⁷Cs у зерні пшениці та ячменю й насінні льону знижувалася в 1,4 раза, у зерні люпину — в 5,2 раза, а в зеленій масі кукурудзи та люпину відповідно в 1,9 та 5,2 раза. Органічна система удобрення, де половину загальноприйнятих доз гною та мінеральні добрива заміняли сидератом та соломою, мала дещо менший антирадіаційний ефект.

Об'єктивним показником ефективності сумісної дії варіантів обробітку ґрунту та систем удобрення в сівозміні слід вважати урожайність польових культур і вихід кормових одиниць у розрахунку на одиницю площі за її ротацію. Результати досліджень засвідчили (табл. 5), що органо-мінеральна система удобрення на фоні оранки на глибину 18–20 см під культури суцільної сівби та оранка на глибину 20–22 см під просапні культури, а також на фоні оранки на глибину 12–14 см під всі культури сівозміни виявилися найефективнішими.

Плоскорізний обробіток ґрунту на глибину 18–20 см поступається наведеним варіантам. Зазначимо, що варіант органічної системи удобрення на зазначених трьох варіантах обробітку щодо виходу кормових одиниць виявився на 19,8%, 12,4 і 17,7% нижчим відносно органо-мінеральної системи удобрення відповідно.

Особливо продуктивними виявилися поєднання оранки на глибину 20–22 см і органо-мінеральної системи удобрення під просапні культури — картоплі і кукурудзи на зелену масу. Сумарний вихід кормових

одиниць для цих двох культур виявився на 11,8 % вище порівняно з варіантом органічної системи удобрення на фоні оранки. Найефективнішим способом обробітку ґрунту, де система удобрення складалася лише з кореневих решток і надземного обпадання органічної маси польових культур, виявилася оранка на глибину 18–20 см, із виходом кормових одиниць в розрахунку на 1 га сівозмінної площі — 2,16 т.

У табл. 6 представлено дані 2-факторного дисперсійного аналізу, вираховані за допомогою прикладної комп'ютерної програми EXCEL щодо впливу удобрення (фактор А) та способів обробітку ґрунту (фактор Б) на вихід кормових одиниць із 1 га сівозмінної площі за ротацію 9-пільної сівозміни.

У такому випадку значення вирахуваної статистики (Fспост.) для фактора А (добрива) не досягає критичних значень F за P=0,95 (Fкрит.), а точність дослід (P) не виходить за межі 5%. Отже, відхиляється нульова гіпотеза (H₀), а це дає можливість прийняти положення про позитивний вплив добрив на вихід кормових одиниць. Вибірковий коефіцієнт детермінації для фактора А становить: R² = (26,830 : 36) : (30,285 : 36) = 0,87. Таким чином, 87% загальної вибіркової варіації виходу кормових одиниць залежить від внесення добрив. Значення F — критерія для фактора Б (обробіток ґрунту) також не знаходиться в критичній області (Fспост. = 60,8, а Fкрит. = 3,01). R² = (2,186 : 36) : (30,285 ÷ ÷ 36) = 0,081, тобто 8,1% вибіркової варіації виходу кормових одиниць залежить від варіантів обробітку ґрунту. Вирахувана статистика взаємодії факторів А-Б (Fспост. = 13,70)

також перевищує критичне значення критерію F за $P=0,95$ ($F_{\text{крит.}}=2,51$). Таким чином, корисність внесення добрив на вихід

кормових одиниць змінюється залежно від використання різних варіантів обробітку ґрунту.

Висновки

Систематичне застосування 7,8 т гною + $N_{57}P_{63}K_{75}$ 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 (органічна система удобрення) упродовж 4 ротацій 9-пільної польової сівозміни забезпечило позитивний баланс гумусу (9,3–9,8 т/га) в орному шарі дерново-підзолистого ґрунту на фоні дискування на 12–14 см та плоскорізного обробітку на 20–22 см порівняно з вихідними даними 1981 р. (29,7 т/га).

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 найвищий вихід кормових одиниць (4,6 т) з 1 га сівозмінної площі за ротацію.

Урожай польових культур, за виключенням люпину вузьколистого, отриманий при їх вирощуванні, у польовій сівозміні на радіоактивно забрудненому дерново-підзолистому ґрунті за питомою активністю ^{137}Cs (< 290 Бк/кг) виявився значно нижче допустимих рівнів (ДР-2006).

Nadtochiy P.¹, Ratoszniuk V.², Ratoszniuk T.³
Polissia Institute of Agriculture of NAAS Ukraine,
131, Kyivske shose, Zhytomyr, 10007, Ukraine;
e-mail: ¹pnadtochy@yahoo.com, ^{2,3}viktor.ratoshnyuk@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-1984-8004,
²0000-0001-6937-7541, ³0000-0002-1097-0874

Influence of fertilizers and cultivation on the quality of soddy podzolic soil and productivity of field crop rotations in conditions of Zhytomyr Polissia

Goal. To make a comparative assessment of the productivity of different variants of long-term application of the fertilizer system in 9-field crop rotation and cultivation of radioactively contaminated soddy podzolic soil concerning its agroecological condition and impact on the productivity of field crops. To develop the measures to minimize the content of ^{137}Cs in crop products. **Methods.** Field, laboratory-analytical, mathematical-statistical. **Results.** The influence is studied of long-term systematic application of fertilizers in crop rotation, as well as variants of basic tillage of soddy podzolic soil on humus condition, its physicochemical and agrochemical properties. It is determined that long-term use of organic fertilizer system on the background of flat cultivation of soil (20–22 cm) provides the positive

balance of humus reserves at the level of 9.8 t/ha. Planar tillage (20–22 cm) using organic and organomineral fertilizer systems helped to reduce the specific activity of ^{137}Cs by 42.6–43.9% compared to fallow (296 Bq/kg). It is proved that field crops under the growth of the ability to accumulate ^{137}Cs are placed in the following sequence: lupine (seeds) > corn (green mass) > winter wheat and spring barley.

Conclusions. It is established that the organomineral fertilizer system (7.8 tons of manure + $N_{57}P_{63}K_{75}$ per 1 ha of crop rotation area for one rotation of 9-field crop rotation) for plowing the soil to the depth of 20–22 cm for row crops and 18–20 cm for continuous sowing provides the highest yield of fodder units (4.6 t) per 1 ha of crop rotation area per rotation. Crop yields, excluding lupine grains, obtained during cultivation on radioactively contaminated soddy podzolic soil (< 290 Bq/kg ^{137}Cs) in terms of the specific activity of this radionuclide had significantly lower values which were stated in the State Hygienic Standards “Permissible levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides in food and drinking water” (DR-2006).

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

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-01>

Бібліографія

1. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М. та ін. Екологічний стан ґрунтів України. Український географічний журнал. 2012. № 2. С. 38–42.

2. Балюк С.А., Медведєв В.В., Тараріко О.Г. та ін. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ: ТОВ «ВИК ПРИНТ», 2010. 111 с.

3. *Мысльва Т.Н., Надточій П.П., Перськова Т.Ф.* та др. Екологія ґрунту: под ред. Т.Н. Мысльвой. Житомир: Изд. А.А. Евенок, 2018. 516 с.

4. *Статистичний щорічник України за 2018 рік.* Житомир: ТОВ «БУК-ДРУК», 2019. С. 313.

5. *Трембицький В.А., Мислива Т.М., Мартенюк О.М.* та ін. Атлас агроекологічного стану ґрунтового покриву Житомирської області. Житомир: ПТЦ «Облдержродючість». 2011. 56 с.

6. *Надточій П.П., Малиновський А.С., Можар А.О.* та ін. Досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи (сільське та лісове господарство). За ред. П.П. Надточія. Київ: Світ, 2003. 372 с.

7. *Пристер Б.С., Гудков І.М., Тараріко Ю.Ю.* Особливості ведення сільськогосподарського виробництва на територіях Полісся, забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства Полісся України. Т. 2. Київ: Вид-во ТОВ «Алефа», 2004. С. 662–722.

8. *П.П. Надточій, В.І. Ратошнюк, І.Ю. Ратошнюк* [та ін.] *Агроекологічне обґрунтування способів обробітку дерново-підзолистого ґрунту та систем удобрення польових культур в зоні радіоактивного забруднення Житомирського Полісся;* за заг. ред. П.П. Надточія і С.М. Рижука. Житомир: Вид. ПП «Рута», 2020. 204 с.

9. *Бойко П.І., Коваленко Н.П.* Коректування ст1. руктури посівних площ і сівозмін залежно від агрометеорологічних умов / У кн.: Системні дослідження та моделювання в землеробстві. Київ: Нива. 1998. С. 53–60.

10. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. Изд. 5-е Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.

11. *Методика государственного сортоиспытания*

сельскохозяйственных культур. Москва, 1985. Вып. 3. 184 с.

12. *Деталізована поживність кормів та раціони годівлі корів у зоні радіоактивного забруднення Полісся України.* «Тетерів», 1994. 288 с.

13. *Лактионов Н.И.* Роль обменных катионов в поглощении гумуса почвами. Лекция. Харьков. 1983. 28 с.

14. *Лыков А.М.* Воспроизводство органического вещества почвы в современных системах земледелия. *Земледелие.* 1988. № 9. С. 20–22.

15. *Минеев В.Г., Добрени Б., Мазур Т.* Биологическое земледелие и минеральные удобрения. Москва: Колос, 1993. 416 с.

16. *Мазур Г.А.* Вміст і співвідношення форм кальцію і магнію в дерново-підзолистих ґрунтах Українського Полісся. *Агрохімія і ґрунтознавство.* Спец. випуск. Книга 1. Ґрунтознавство. Харків: ПП «Стиль-Іздат», 2018. С. 78–87.

17. *Мазур Г.А.* Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: монографія. Київ: Аграрна наука, 2008. 308 с.

18. *Орлов Д.С.* Эколого-геохимические проблемы гумусообразования. Роль органического вещества в формировании почв и их плодородия. *Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева.* Москва. 1990. С. 5–15.

19. *Надточій П.П., Трембицький В.А., Бобрусь С.В.* Кальцій в почвенном покрове агроценозов Житомирского Полесья. Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства: доп. учасн. міжнар. конф., 16–18 червня 2005 р. Житомир, 2005. С. 121–130.

20. *Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П.* Сельскохозяйственная радиология: учебник для вузов. Москва: Дрофа, 2005. 367 с.