

УДК 631.454

Вплив систем удобрення на масу рослинних решток агрофітоценозів короткоротаційної сівозміни, баланс ґрунтового гумусу і екологізацію рільництва

Примак І.Д. , Єзерковська Л.В. , Войтовик М.В., Караульна В.М. ,Панченко О.Б., Качан Л.М. , Ображій С.В. *Білоцерківський національний аграрний університет*

Примак І.Д., Єзерковська Л.В., Войтовик М.В., Караульна В.М., Панченко О.Б., Качан Л.М., Ображій С.В. Вплив систем удобрення на масу рослинних решток агрофітоценозів короткоротаційної сівозміни, баланс ґрунтового гумусу і екологізацію рільництва. «Агробіологія», 2023. № 2. С. 100–111.

Prymak I., Yezerkovska L., Voitovyk M., Karaulna V., Panchenko O., Kachan L., Obrazhyi S. The influence of fertilizer systems on plant residues mass of agrophyto-coenoses of short-term crop rotation, the balance of soil humus and ecologization of agriculture. «Agrobiology», 2023. no. 2, pp. 100–111.

Рукопис отримано: 09.10.2023 р.

Прийнято: 24.10.2023 р.

Затверджено до друку: 23.11.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-100-111

Трирічними (2020–2022) дослідженнями на чорноземі типовому дослідного поля Білоцерківського НАУ встановлено, що на неудо-бренних варіантах, удобрених 6 т/га гною + N₆₄P₅₄K₅₈, 6 т/га гною + N₉₈P₆₆K₉₂ і 6 т/га гною + N₁₂₆P₈₂K₁₁₆ за використання нетоварної продукції агрофітоценозів як органічного добрива суха маса кореневих решток становила відповідно 2,64; 3,89; 4,64 і 5,13 т, рослинних – 3,63; 5,25; 6,24 і 6,84 т, продуктивність сівозміни – 1,98; 3,42; 4,40 і 4,83 т сухої маси основної та 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т основної і побічної продукції культур на гектарі ріллі.

Із збільшенням норм внесення добрив приріст товарної продукції агрофітоценозів вищий, ніж рослинних решток. Зокрема зростає співвідношення сухої маси основної і побічної продукції сільсько-господарських рослин до маси їх кореневих і рослинних решток, а також частка їх нетоварної продукції.

Додатний баланс ґрунтового гумусу зафіксований лише у полях гірчиці білої і гречки, під рештою агрофітоценозів він від'ємний. На неудо-бренних ділянках, удобрених 6 т гною + N₆₄P₅₄K₅₈, 6 т гною + N₉₈P₆₆K₉₂ і 6 т гною + N₁₂₆P₈₂K₁₁₆ за використання побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива баланс гумусу в орному шарі чорнозему типового додатний і становив відповідно 0,34; 0,63; 0,55 і 0,60 т на гектар сівозміни. За вилучення з полів нетоварної продукції рільництва цей показник від'ємний на всіх варіантах досліджу.

Загалом у сівозміні частка гумусу, що утворився з гною, рослинних решток, зеленого добрива й нетоварної продукції рільництва, становила відповідно 0, 36, 31 і 33 % на неудо-бренних ділянках; 10, 30, 27 і 33 % – удобрених 6 т/га гною + N₆₄P₅₄K₅₈; 8, 29, 27 і 36 % – 6 т/га гною + N₉₈P₆₆K₉₂; 7,29, 26 і 38 % – удобрених 6 т/га гною + N₁₂₆P₈₂K₁₁₆.

За показником коефіцієнта екологізації рільництва нульова система удобрення (без внесення гною й мінеральних добрив) відповідає біологічному землеробству, перша – екологічному, друга й третя – екологізації галузі.

Агротехнічно ефективним є використання побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива та проведення оранки лише під просапну культуру п'ятипільної сівозміни.

Ключові слова: система удобрення, рослинні рештки, гумус, агрофітоценози, сівозміна, екологізація, побічна (нетоварна) продукція, продуктивність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Пріоритетним завданням вітчизняного сільськогосподарського виробництва має стати збереження і відтворення ґрунтової родючості, інтегральним показником якої, на думку абсолютної більшості українських вчених, є вміст і якість гумусу. Завдяки унікальному ґрунтовому покриву, в складі якого понад 60 % становлять чорноземи, Україна посідає провідні позиції в експорті зерна і насіння соняшнику на світовому ринку [1, 2].

На сьогодні Україна за площею чорноземних ґрунтів (27,8 млн га) посідає четверте місце в світі. Вона займає лише 4 % світової площі суходолу, проте володіє запасами 6–8 % світових і 13–14 % європейських чорноземних ґрунтів. Серед 13 видів поширених в Україні деградаційних процесів домінуючою, на думку аграріїв, є дегуміфікація, що супроводжується щорічними втратами з кожного гектара ріллі чорноземного ґрунту понад однієї тонни гумусу. Впродовж 133 років (1882–2015 рр.) вміст гумусу зменшився в ґрунтах держави на 1,01 %, Лісостепу – 1,3 % [3–5], Київській області – 1,2 % вихідного вмісту [6]. За 1961–2015 рр. загалом по Україні і Київській області абсолютне зниження вмісту гумусу становило відповідно 0,4 і 0,5 %, відносне – 11,4 і 15,2 % [6]. В Україні залежно від регіону зменшення вмісту гумусу за останні 100 і 50 років становило відповідно 0,4–1,1 і 0,2–0,7 % в абсолютному та 14–27 і 9–20 % відносному вимірах [6]. Щорічні втрати його на орних землях впродовж 1986–2005 рр. становили майже 29 млн т, що еквівалентно 5,7 млрд доларів США [7]. На сьогодні середньозважений вміст гумусу становить: в середньому в Україні 3,14 %, у Поліссі – 2,24, Лісостепу 3,19, Степу – 3,40 % [6].

Упродовж останніх трьох десятиліть у державі домінує незбалансована дефіцитна система рільництва з поступовим виснаженням ґрунтово-ресурсного потенціалу й погіршенням екологічного стану ґрунтового покриву, наслідком чого є дегуміфікація і трансформація найродючіших у світі чорноземів у ґрунти середнього рівня родючості. Науковці систематично констатують, що ґрунт, як «природно-історичне тіло», має якомога швидше стати не лише об'єктом використання, а також об'єктом права, захисту на законодавчому та нормативно-правовому рівнях [1].

Слід зазначити, що за проєктування й впровадження сучасних систем рільництва згідно з біосферною парадигмою природокористування (замість антропоцентричної ідеології) і законом ноосфери В.І. Вернадського насамперед

враховують екологічні функції ґрунту, пов'язані із регулюванням газообміну, теплообміну, вологообміну в біосфері, інтенсивністю і напрямом біохімічних процесів, підтриманням необхідного біорізноманіття й забезпечення життєвих потреб суспільства. Усвідомлення проблеми дегуміфікації ґрунтів у вітчизняному рільництві проявляється у вигляді активізації робіт з використання побічної продукції землеробства як добрива, мульчування ґрунту рослинними рештками, сидерації, розширення посівів бобових культур й багаторічних трав тощо [8].

За гостродефіцитного балансу ґрунтового гумусу та щорічних втрат його з кожного гектара ріллі у кількості одна тонна альтернативною гною, норма внесення якого на сьогодні не перевищує 0,5 т/га (тимчасом у 1985 р. цей показник був у 18 разів вищим), має стати побічна продукція рільництва, проміжні посіви на зелене добриво тощо [9].

У Лісостепу України вчені рекомендують вносити на кожний гектар ріллі сівозміни: чорнозему опідзоленого (за ГТК 1,1) 6 т гною + $N_{36}P_{24}K_{32}$ або ж мінеральні туки з використанням побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива; чорнозему типового вилугуваного (за ГТК 1,3) – 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$. Застосування 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$ на чорноземі типовому вилугуваному забезпечило зростання вмісту гумусу наприкінці третього ротаційного періоду зернобурякової сівозміни, порівняно з неудобреними ділянками (контролем), на 0,25–0,31 %, на чорноземі опідзоленому за внесення 6 т гною + $N_{36}P_{24}K_{32}$ – на 0,16–0,33 % [10].

У типовій польовій зернопросапній сівозміні дослідного поля НУБіП України щорічне внесення впродовж шести років на гектар ріллі 12 т гною + 6 т побічної продукції агрофітоценозів і сидератів післяжнивних культур (у перерахунку на гній) + $N_{46}P_{49}K_{55}$ підвищило вміст гумусу в орному (0–30 см) шарі чорнозему типового малогумусного середньосуглинкового на 1 т/га [11].

За достатнього зволоження у зернобуряковій сівозміні норма мінеральних добрив $N_{46}P_{51}K_{59}$ призводить до зменшення вмісту ґрунтового гумусу в орному й підорному шарі чорнозему типового вилугуваного відповідно на 0,09 і 0,03 %. Стабілізація його у зазначених шарах ґрунту на рівні відповідно 4,32 і 3,96 % відбувається за норми 12 т гною + $N_{46}P_{51}K_{59}$. За внесення лише мінеральних туків нормою $N_{46}P_{51}K_{59}$ запас гумусу в орному шарі сівозмін з бобовими культурами і без них зменшився відповідно на 5,28 і 2,98 т/га [12].

На неудобрених ділянках чорнозему опідзоленого важкосуглинкового дослідного поля ДП ДГ «Граківське» ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» за трирічний (2015–2017) період досліджень баланс гумусу від'ємний, а втрати його через мінералізацію досягли 0,88 т/га. Органічні добрива забезпечили додатний баланс гумусу: 0,13; 0,19 і 0,10 т/га за внесення відповідно курячого посліду, посліду з соломою пшениці (компосту) й посліду з лушпинням соняшнику (компосту) [13].

У польовій п'ятипільній зернопросапній стаціонарній сівозміні науковцями Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції встановлено функціональний зв'язок між вмістом гумусу і показниками кислотності (актуальної, гідролітичної) та суми вбирних основ метрового шару чорнозему опідзоленого, причому він більш виражений (тісніший) за органічної, ніж інтенсивної системи удобрення. Урожайність зернових культур упродовж всього періоду досліджень (2011–2022 рр.) стабільніша за органічної системи удобрення [14].

Вчені цієї наукової установи вказують, що для забезпечення простого й розширеного відтворення гумусу необхідно щороку впродовж 42 років проведення стаціонарного польового дослідження вносити на гектар ріллі відповідно 15–18 і 18–20 т гною, що практично нереально в сучасному вітчизняному землеробстві. Використання нетоварної продукції агрофітоценозів п'ятипільних стаціонарних сівозмін компенсує витрату азоту і фосфору з ґрунту на 70–75, а калію – 100 %. У середньому за дві ротації п'ятипільної сівозміни з горохом нетоварна продукція становила: на неудобрених ділянках 28,5 т/га, удобрених $N_{31}P_{33}K_{41}$ – 56,9 т/га, а кореневі рештки відповідно 4,2 і 8,3 т/га [15].

На чорноземі південному важкосуглинковому Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції з чотирьох досліджуваних п'ятипільних сівозмін, три поля в яких (60 %) під пшеницею озимою, одне – під вівсом (20 %), баланс гумусу у середньому за три роки (2015–2017) від'ємний (0,3 т/га) лише у першій сівозміні з чорним паром. У другій, третій й четвертій сівозмінах цей показник додатний і становив відповідно 11 т/га (із сидеральним паром, зайнятим викою озимою), 7,7 т/га (із сидеральним паром, зайнятим сумішкою гороху з гірчицею) і 1,0 т/га (із горохом на зерно) завдяки використанню нетоварної рослинницької продукції як органічного добрива [16].

У перерахунку на гумус 3,7 т соломи еквівалентно внесенню 27 т зеленого добрива або 10 т напівперепрілого підстилкового гною [17].

За 100 років зростання потужності гумусового шару становить до 3,5–4 мм. Щоб підвищити вміст ґрунтового гумусу на 0,1 % знадобиться не менше 15–20 років. Середньорічні втрати його на чорноземах України становлять 0,5–0,7 т/га [18,19].

На чорноземі вилугуваному розширене відтворення ґрунтового гумусу в плодозмінній сівозміні досягається за сорокарічного внесення на гектар ріллі 8,3 т гною + (NPK)₄₃ [20].

На чорноземі типовому глибокому мало-гумусному плодозмінній сівозміні внесення 40 т/га гною, використання нетоварної продукції землеробства і зеленої маси гірчиці білої як органічного добрива забезпечило за 10 років (дві ротації) утворення 2,07 т і мінералізацію 1,64 т гумусу; додатний баланс ґрунтового гумусу у всіх полях п'ятипільної сівозміни за середнього значення 0,42 т/га [21].

Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М.І. Вавилова на чорноземі типовому важкосуглинковому у різноротаційних сівозмінах пропонує застосовувати 10 т/га гною + $N_{53}P_{60}K_{60}$ + побічна рослинницька продукція + компенсаційна доза мінерального азоту для забезпечення розширеного відтворення ґрунтового гумусу [22].

У підзоні нестійкого зволоження Лісостепу України у господарствах з слабкорозвиненим тваринництвом чи за відсутності його рекомендується на добриво використовувати всю побічну продукцію рільництва разом з оптимальними нормами мінеральних туків. У зернопросапній сівозміні з часткою просапних 40 й бобових культур 10 % за внесення на гектар ріллі 9 т гною + $N_{50}P_{66}K_{66}$ щорічні втрати ґрунтового гумусу досягали 0,21 т, а застосування $N_{50}P_{66}K_{66}$ у поєднанні з нетоварною продукцією зменшило цей показник до 0,12 т. У плодозмінній сівозміні використання всієї побічної продукції на добриво й мінеральних туків у нормі $N_{43-50}P_{43}K_{43-50}$ забезпечило зростання щорічних запасів гумусу на 0,12–0,20 т/га [23].

Внесення гною за органо-мінеральної та органічної систем удобрення підвищувало вміст рухомих гумусових речовин та інтенсивність новоутворення гумінових кислот. За мінеральної системи удобрення зростає в органічній речовині ґрунту вміст фульвокислот. На фоні вапнування найбільш сприятливі умови гумусоутворення в орному шарі ґрунту за органо-мінеральної системи удобрення, за якої вміст гумусу підвищився на 28,6 %, порівняно з контролем (без добрив). За внесення органічних і мінеральних добрив цей показник зростання становив відповідно 14,3 і 12,6 % [24].

Мета дослідження – виявити зміни балансу ґрунтового гумусу в орному (0–30 см) шарі чорнозему типового залежно від систем удобрення п’ятипільної спеціалізованої сівозміни, а також можливість й доцільність використання нетоварної продукції рільництва у поєднанні з мінеральними та зеленими добривами і гноєм для забезпечення розширеного відтворення гумусу ґрунту й продуктивності гектара ріллі на рівні 4,0–4,5 т/га сухої речовини основної продукції агрофітоценозів.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведені впродовж 2020–2022 рр. на чорноземі типовому глибокому малогумусному середньосуглинковому дослідного поля Білоцерківського НАУ у стаціонарній польовій п’ятипільній сівозміні, де вивчали чотири

рівні (системи) удобрення (табл. 1): нульовий – без внесення гною й мінеральних добрив, перший – 6 т/га гною + N₆₄P₅₄K₅₈, другий – 6 т/га гною + N₉₈P₆₆K₉₂, третій – 6 т/га гною + N₁₂₆P₈₂K₁₁₆.

Повторність в досліді триразова. Повторення й варіанти розміщені суцільно та послідовно, в один ярус. Площа посівної ділянки – 684, облікової – 504 м². Під кукурудзу орали плугом на 25–27 см, горох та гречку – ґрунт розпушували чизелем ГР – 3,4 відповідно на 18–20 і 10–12 см, під пшеницю озиму й гірчицю білу – дискували бороною БДВ – 3,0 відповідно на 6–8 і 10–12 см. Із органічних добрив застосовували гній, побічну продукцію агрофітоценозів, зелену масу гірчиці білої, з мінеральних – аміачну селітру, гранульований суперфосфат, калійну сіль.

Таблиця 1 – Системи удобрення під культури першої сівозміни

№ поля	Культура сівозміни	Рівень удобрення	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га д.р.											
				Всього			Основне удобрення		Під перед-посівну культивувацію	Рядкове удобрення			Підживлення (2–3 рази)		
				N	P	K	P	K	N	N	P	K	N		
1	Горох	0													
		1		30					30						
		2		30	30	30	30	30	30						
		3		30	30	50	30	50	30						
2	Пшениця озима	0													
		1		60	60	60	60	60						60	
		2		90	60	90	60	90						90	
		3		120	60	90	60	90						120	
	Гірчиця біла на сидерат	0													
		1		30	30	30	30	30	30						
		2		60	30	60	30	60	60						
		3		80	60	80	60	80							
3	Кукурудза	0													
		1	30	60	60	60	50	50	50	10	10	10			
		2	30	90	90	90	75	75	75	15	15	15			
		3	30	110	110	110	90	90	90	20	20	20			
4	Гречка	0													
		1		30	30	30	30	30	30						
		2		50	30	50	30	50	50						
		3		70	30	70	30	70	70						
5	Пшениця озима	0													
		1		80	60	80	60	80						80	
		2		110	60	80	60	80						110	
		3		140	60	100	60	100						140	
	Гірчиця біла на сидерат	0													
		1		30	30	30	30	30	30						
		2		60	30	60	30	60	60						
		3		80	60	80	60	80							

Втрати ґрунтового гумусу розраховували за виносом азоту ґрунту агрофітоценозами сівозміни, який приймали за 100 %. Вважали, що 60 % його припадає на азот гумусу, решта (40 %) – на азот органічних і мінеральних добрив; азот, що надходить з опадами, рослинними рештками і завдяки азотфіксації. Величину вмісту азоту в гумусі приймали за 5 %, а коефіцієнт використання азоту ґрунту рослинами – 70 %. До виносу азоту агрофітоценозами використані поправочні коефіцієнти: для гранулометричного складу ґрунту (середній суглинок) – 0,8; гороху, пшениці озимої, гречки – 1,2; післязривної гірчиці білої – 1,0; кукурудзи – 1,8. Фіксація азоту бульбочковими бактеріями прийнята в розмірі 50 % загальної виносу азоту урожаєм гороху.

Масу рослинних решток агрофітоценозів визначали за методикою Н.З. Станкова [25], баланс гумусу – Г.Я. Чесняка [26], коефіцієнти екологізації рільництва – за методикою кафедри землеробства та гербології НУБП України [8, 9, 11, 27]. Коефіцієнти гуміфікації наступні: рослинних решток гороху 0,23; пшениці озимої, кукурудзи і гречки – 0,20; гірчиці білої – 0,15; нетоварної продукції всіх зернових культур – 0,20; гною – 0,054; зеленої маси гірчиці білої – 0,15.

Результати досліджень та обговорення. За розрахунків балансу ґрунтового гумусу на чорноземних ґрунтах вітчизняні науковці й виробничники у більшості випадків для визначення маси рослинних решток користуються рівняннями регресії, встановленими Г.Я. Чесняком за врожаєм основної продукції [26]. Проте, як показують дослідження, цей показник значно варіює не лише від величини врожаю, а також від технології вирощування, ґрунтової відміни чорнозему, погодних й екологічних умов тощо. Найбільш простим, доступним і точним є метод Н.З. Станкова [25], проте він досить трудомісткий. Якщо у нашому досліді маса кореневих решток за урожайності пшениці озимої 2,66; 4,84; 6,25 і 6,87 т/га становила відповідно 1,98; 2,99; 3,78 і 4,26 т/га (табл. 2), то за рівнянням регресії Г.Я. Чесняка ($y=0,71x+10$, де y – урожайність) ці показники були б значно вищими – відповідно 2,89; 4,44; 5,44 і 5,88 т/га.

Щодо основних сільськогосподарських культур Лісостепу України ці дані досить суперечливі, що позбавляє об'єктивно розрахувати баланс гумусу. Проте відомо, що у ґрунті у типових сівозмінах надходить органічної речовини більше з рослинними рештками, ніж з органічними добривами. Підземна маса культур за даними одних науковців більша,

за іншими даними – менша наземної [28]. Як показують наші дослідження, за нульової, першої, другої й третьої систем удобрення та продуктивності гектара ріллі сівозміни відповідно 1,98; 3,42; 4,40 і 4,83 т сухої маси основної та 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т основної і побічної продукції кількість корневих решток становила відповідно 2,64; 3,89; 4,64 і 5,13, а рослинних – 3,63; 5,25; 6,24 і 6,84 т. Отже, абсолютна суха маса корневих решток більша, ніж основної продукції (табл. 2). Частка корневих решток становить 73–75 % загальної маси рослинних решток.

Встановлено, що з підвищенням рівня внесених добрив приріст товарної продукції рільництва вищий, ніж рослинних решток агрофітоценозів сівозміни. Зокрема, за першої, другої і третьої систем удобрення, порівняно з нульовою, приріст товарної продукції гороху становив відповідно 36, 58 і 71 %, корневих решток – 21, 36 і 55 %, рослинних – 16, 32 і 48 %; зерна пшениці озимої в ланці з горохом – 82, 135 і 158 %, корневих решток – 51, 91 і 115 %, рослинних – 34, 58 і 65 %; зерна кукурудзи – 81, 120 і 164 %, корневих решток – 62, 98 і 122 %, рослинних – 52, 81 і 99 %; зерна гречки – 60, 99 і 120 %, корневих решток – 38, 69 і 85 %, рослинних – 31, 61 і 80 %; зерна пшениці озимої в ланці з гречкою – 90, 153 і 181 %, корневих решток – 60, 99 і 122 %, рослинних – 45, 66 і 72 %; зеленої маси гірчиці білої в ланці з бобовою культурою – 45, 70 і 81 %, корневих решток – 38, 56 і 67 %, а в ланці з круп'яною рослиною відповідно 60, 88 і 101 та 51, 70 і 82 %. Загалом у сівозміні суха маса основної продукції агрофітоценозів сівозміни підвищилася відповідно на 73, 122 і 144 %, корневих решток – на 47, 76 й 94 %, рослинних – 45,72 і 88 %. Отже, темпи приросту від систем удобрення вищі товарної продукції, ніж рослинних решток взагалі і корневих зокрема.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення загалом по сівозміні співвідношення сухої маси основної продукції до корневих решток становило відповідно 0,75; 0,88; 0,95 і 0,94, а товарної продукції до рослинних решток 0,55; 0,65; 0,71 0,71. Отже, за внесення на гектар ріллі 6 т гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ спостерігається стабілізація цих показників.

На неудобрених, удобрених першою, другою й третьою нормами ділянках сівозміни співвідношення сухої маси основної і побічної продукції до корневих решток становило відповідно 1,70; 2,02; 2,20 і 2,23, а до рослинних – 1,23; 1,49; 1,64 і 1,67.

Таблиця 2 – Продуктивність і суха маса рослинних решток агрофітоценозів сівозміни за різних систем удобрення, т/га

№ поля	Агрофітоценози сівозміни	Система удобрення	Урожайність основної продукції	Вихід побічної продукції	Маса рослинних решток		
					кореневих	після-збиральних	всього
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Горох	0	2,16	2,53	1,67	0,60	2,27
		1	2,94	3,74	2,02	0,70	2,72
		2	3,41	4,49	2,27	0,79	3,06
		3	3,69	5,25	2,59	0,89	3,48
		НІР _{0,05}	0,31	0,55	0,20	0,06	
2	Пшениця озима	0	2,66	3,22	1,98	1,48	3,46
		1	4,84	5,93	2,99	1,99	4,98
		2	6,25	7,82	3,78	2,34	6,12
		3	6,87	8,74	4,26	2,44	6,70
		НІР _{0,05}	0,48	0,83	0,36	0,18	
2	Гірчиця біла на сидерат	0	10,45		2,18		2,18
		1	15,16		3,01		3,01
		2	17,78		3,40		3,40
		3	18,89		3,64		3,64
		НІР _{0,05}	0,91		0,33		
3	Кукурудза	0	3,18	4,39	2,64	0,68	3,32
		1	5,77	8,35	4,27	1,03	5,30
		2	7,64	11,39	5,22	1,23	6,45
		3	8,39	12,90	5,87	1,35	7,22
		НІР _{0,05}	0,88	1,18	0,48	0,06	
4	Гречка	0	1,23	2,92	1,01	0,90	1,91
		1	1,97	4,82	1,39	1,18	2,57
		2	2,45	6,29	1,71	1,45	3,16
		3	2,70	7,21	1,87	1,62	3,49
		НІР _{0,05}	0,26	0,53	0,22	0,07	
5	Пшениця озима	0	2,24	2,81	1,66	1,31	2,97
		1	4,26	5,39	2,65	1,90	4,55
		2	5,66	7,23	3,30	2,17	5,47
		3	6,29	8,10	3,68	2,25	5,93
		НІР _{0,05}	0,52	0,91	0,32	0,22	
5	Гірчиця біла на сидерат	0	9,78		2,06		2,06
		1	15,61		3,11		3,11
		2	18,36		3,50		3,50
		3	19,61		3,75		3,75
		НІР _{0,05}	1,04		0,36		

Із підвищенням норм внесення добрив спостерігається зростання частки нетоварної продукції агрофітоценозів сівозміни. За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення співвідношення основної до побічної рослинницької продукції становило відповідно 1,17; 1,27; 1,32 і 1,42 – у гороху, 1,21; 1,23; 1,25 і 1,27 – пшениці озимої після бобового попередника, 1,38; 1,45; 1,49 і 1,54 – кукурудзи, 2,38; 2,45;

2,57 і 2,67 – гречки, 1,26; 1,27; 1,28 і 1,29 – пшениці озимої після круп'яного попередника.

Перша система удобрення, порівняно з нульовою, забезпечила зростання сухої маси зерна загалом по сівозміні на 73 %, друга, порівняно з першою – 50 %, третя, порівняно з другою – 22 %. Стосовно сухої маси основної і побічної продукції, то цей показник підвищився відповідно на 75, 53 і 27 %.

Таблиця 3 – Баланс гумусу в орному шарі залежно від систем удобрення агрофітоценозів сівозмінні за використання побічної продукції на добриво, кг/га

ВГОП №	Агрофітоценози сівозмінні	Системи удобрення	Винос азоту з урожаєм, всього	Винос азоту з урахованим градулометричного складу і виду агрофітоценозу	Винос врожаєм азоту гумусу	Спожито азоту з ґрунту	Мінералізовано гумусу	Утворилося гумусу із:				Баланс азоту
								гною	рос-линних решток	сидеральних добрив	побічної продукції	
1	Горх	0	143	69	41	59	1180	522	506	1028	-152	
		1	194	93	56	80	1600	626	748	1374	-226	
		2	225	108	65	93	1860	704	898	1602	-258	
2	Пшениця озима	3	244	117	70	100	2000	800	1050	1850	-150	
		0	93	89	53	76	1520	692	644	1336	-184	
		1	169	162	97	139	2780	996	1186	2182	-598	
2	Гірчиця біла на сидерат	2	219	210	126	180	3600	1224	1564	2788	-812	
		3	240	230	138	197	3940	1340	1748	3088	-852	
		0	29	23	14	20	400	327	1568	1895	+1495	
3	Кукурудза	1	42	34	20	28	560	451	2274	2725	+2165	
		2	50	40	24	34	680	510	2667	3177	+2497	
		3	53	42	25	36	720	546	2834	3380	+2660	
4	Гречка	0	108	155	93	133	2660	664	878	1542	-1118	
		1	196	282	169	241	4820	1060	1670	4350	-470	
		2	260	374	224	320	6400	1620	2278	5188	-1212	
5	Пшениця озима	3	285	410	246	351	7020	1444	2580	5644	-1376	
		0	37	35	21	30	600	382	584	966	+666	
		1	59	57	34	48	960	514	964	1478	+518	
5	Гірчиця біла на сидерат	2	73	70	42	60	1200	632	1258	1890	+690	
		3	81	78	47	67	1340	698	1442	2140	+800	
		0	78	75	45	64	1285	594	562	1156	-129	
5	Пшениця озима	1	149	143	86	123	2451	910	1078	1988	-463	
		2	198	190	114	163	3257	1094	1446	2540	-717	
		3	220	211	127	181	3617	1186	1620	2806	-811	
5	Гірчиця біла на сидерат	0	27	22	13	19	370	309	1467	1776	+1406	
		1	44	35	21	30	603	467	2341	2808	+2205	
		2	51	41	24	35	699	525	2754	3279	+2580	
3	55	44	26	38	754	563	2941	3504	+2750			

Додатний баланс ґрунтового гумусу лише під агрофітоценозами гірчиці білої і гречки. На решті полів він від'ємний, причому під пшеницею озимою він зростав з підвищенням норм внесених добрив (табл. 3).

Отримані дані вкотре переконують у необхідності застосування проміжної сидерації: за нульової, першої, другої і третьої норм добрив зелена маса й коріння гірчиці білої забезпечили щорічний додатний баланс гумусу в значенні відповідно 1,5; 2,2; 2,5 і 2,7 т/га. Без сидерального добрива баланс гумусу загалом у сівозміні від'ємний і становив відповідно 270; 297; 530 та 551 кг/га.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення, використання на добриво зеленої маси післязривної гірчиці білої і нетоварної продукції агрофітоценозів баланс гумусу загалом у сівозміні додатний і становив відповідно 337; 626; 554 і 604 кг/га, тобто на удобрених ділянках він перевищував пів тонни на кожний гектар ріллі. Щорічна мінералізація ґрунтового гумусу становила відповідно 1603; 2755; 3539 і 3878 кг/га, тобто закономірно зростала з підвищенням продуктивності сівозміни, яка становила відповідно 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т/га сухої речовини, 3,60; 6,29; 8,17 і 9,05 т/га кормових одиниць, 0,256; 0,427; 0,542 і 0,599 т/га перетравного протеїну основної і побічної продукції рільництва.

За відчуження нетоварної продукції з полів баланс гумусу під всіма основними культурами від'ємний на всіх варіантах дослідження. Загалом у сівозміні за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення він зростав і становив відповідно 298, 503, 935 і 1084 кг/га. Отже, навіть за внесення на гектар ріллі 6 т ґною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ мінеральних і 7,7 т зелених добрив та продуктивності сівозміни 4,8 т/га сухої маси зерна без використання побічної продукції рільництва як органічного добрива неминучі щорічні втрати гумусу в кількості понад 1 т/га, для усунення яких необхідно було б додатково вносити майже 19 т/га ґною, що нереально на сьогодні і в найближчому майбутньому.

Структура джерел утворення гумусу засвідчує, що найбільша частка його надходить у агрофітоценозах капустяної рослини з зеленою масою – 83–84 %, круп'яної – нетоварною продукцією (60–67 %), решта з рослинними рештками (відповідно 16–17 і 33–40 %).

В агрофітоценозах гороху, пшениці озимої, гречки за підвищення норм внесення добрив зменшується частка новоутвореного гумусу з рослинних решток і зростає з побічної продукції. Зокрема, за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення частка гумусу завдяки

гуміфікації соломи становила відповідно 49,3; 54,4; 56,1 і 56,8 у гороху, 48,2; 54,4; 56,1 і 56,6 – пшениці озимої в ланці з горохом, 60,5; 65,2; 66,6 і 67,4 – гречки, 48,6; 54,2; 56,9 і 57,7 % у пшениці озимої в ланці з гречкою.

На удобрених ділянках агрофітоценозу кукурудзи частка гумусу, що утворився з ґною, рослинних решток і нетоварної продукції, становила відповідно 37,2; 24,4; і 38,4 % за внесення під неї 30 т/га ґною + (NPK)₆₀; 31,2; 24,9 і 43,9 – 30 т/га ґною + (NPK)₉₀; 28,7; 25,6; і 45,7 % за 30 т/га ґною + (NPK)₁₁₀. Отже, якщо на удобрених варіантах просапної культури частка гумусу з рослинних решток майже на постійному рівні, то на неудобрених – вища в 1,7 рази, досягаючи 43 %. З побічної продукції цієї рослини утворюється 57 % всієї кількості гумусу.

Загалом у сівозміні частка гумусу з ґною, рослинних решток, сидератів й побічної продукції рільництва становила відповідно 9,6; 29,7; 27,3 і 33,4 % за першої системи удобрення; 7,9; 29,2; 26,5 і 36,4 % – другої; 7,2; 29,3; 25,8; і 37,7 % за третьої системи удобрення. На неудобрених ділянках сівозміни з рослинних решток утворюється 36,0 % всієї маси гумусу, зеленого добрива – 31,3, нетоварної продукції – 32,7 %.

Підсумовуючи викладений вище експериментальний матеріал, можна констатувати, що у спеціалізованій зернопросапній сівозміні третина всієї кількості гумусу утворюється з рослинних решток (на неудобрених варіантах навіть дещо більше), близько третини – із сидеральної маси і дещо більше третини – із побічної продукції агрофітоценозів, які беруть активну участь у розширеному відтворенні ґрунтової родючості.

Екологізація рільництва передбачає застосування трьох груп заходів: 1 – резерви органічних добрив (солома, стебла, гичка, мул ставків, деревна кора, сапропелі, сидерати тощо); 2 – заходи щодо створення оптимальної реакції ґрунтового середовища; 3 – заходи щодо забезпечення оптимального співвідношення між органічними й мінеральними добривами [29].

Доведено, що оптимальне співвідношення органічних й мінеральних добрив передбачає внесення не більше 15 кг діючої речовини туків на одну тону органічних добрив. Для оцінки рівня екологізації рільництва використовують два показники: 1 – норми внесення органічних добрив, 2 – індекс екологізації, який розраховують діленням суми діючої речовини мінеральних добрив (NPK) в кг/га на норму органічних добрив у т/га. Науковці Національного університету біоресурсів і природокористування

України для забезпечення стану екологічного рільництва рекомендують у сівозміні вносити щорічно на гектар ріллі 24 т органічних добрив, з яких 12 т гною, 6 т зеленого добрива капустяних культур, 6 т нетоварної продукції і $N_{61}P_{37}K_{52}$ мінеральних туків, що забезпечує індекс екологізації 6,2. Для досягнення біокліматично обґрунтованої продуктивності агрофітоценозів у сівозмінах пропонують оранку (краще ярусними плугами) раз на 4–5 років під просапну рослину (буряки цукрові тощо) й безпліщеве розпушування (плоскорізами тощо) та дисковий обробіток під решту культури в інтервалі між оранками [8, 11].

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення до чорнозему типового надійшло відповідно 10, 22, 25 і 27 т/га органічної маси, зокрема 0; 6; 6 і 6 т/га гною, 3,6; 5,3; 6,2 і 6,8 т/га рослинних решток, 2,5; 4,4; 5,8 і 6,6 т/га побічної продукції, 4,1; 6,1; 7,2 і 7,7 т/га зеленого добрива. Отже, індекс екологізації рільництва становив відповідно 10; 8; 10 і 12.

За показником коефіцієнта екологізації рільництва [30] нульова система удобрення відповідає біологічному землеробству, перша – екологічному, друга й третя – біологізації галузі.

За екологічною класифікацією систем землеробства [8] перша й друга системи удобрення сівозміні відповідають наростаючому, а третя – інтенсивному рівню стану екологічного рільництва.

Висновки. 1. На неудобрених варіантах, удобрених 6 т/га гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ і 6 т/га гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ за використання нетоварної продукції агрофітоценозів як органічного добрива суха маса кореневих решток становила відповідно 2,64; 3,89; 4,64 і 5,13 т, рослинних – 3,63; 5,25; 6,24 і 6,84 т, а продуктивність сівозміні – 1,98; 3,42; 4,40 і 4,83 т сухої маси основної та 4,48; 7,84; 10,22 і 11,43 т основної і побічної продукції агрофітоценозів сівозміні.

2. Із підвищенням норм внесення добрив приріст товарної продукції агрофітоценозів вищий, ніж рослинних решток. Зокрема зростає співвідношення сухої маси основної і побічної продукції сільськогосподарських рослин до маси їх кореневих і рослинних решток, а також частка їх нетоварної продукції.

3. Додатний баланс ґрунтового гумусу зафіксований лише на полях гірчиці білої і гречки, під рештою агрофітоценозів він від'ємний. На неудобрених ділянках, удобрених 6 т гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$, 6 т гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$ і 6 т гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$ за використання побічної продукції агрофітоценозів як органічного добрива

баланс гумусу в орному шарі чорнозему типового додатний і становив відповідно 0,34; 0,63; 0,55 і 0,60 т на гектар сівозміні. За вилучення з полів нетоварної продукції рослинництва цей показник від'ємний.

4. Загалом у сівозміні частка гумусу, що утворився з гною, рослинних решток, зеленого добрива і нетоварної продукції рільництва становила відповідно 0; 36; 31 і 33 % на неудобрених ділянках, 10; 30; 27 і 33 % – удобрених 6 т/га гною + $N_{64}P_{54}K_{58}$; 8; 29; 27 і 36 % – 6 т/га гною + $N_{98}P_{66}K_{92}$; 7,29; 26 і 38 % – удобрених 6 т/га гною + $N_{126}P_{82}K_{116}$.

5. За показником коефіцієнта екологізації рільництва нульова система удобрення (без внесення гною і мінеральних добрив) відповідає біологічному землеробству, перша – екологічному, друга і третя – екологізації галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балюк С.А., Медведєв В.В., Момот Г.Ф., Левін А.Я. Підтримуйте ґрунт живим, захищайте його біорізноманіття. Вісник аграрної науки. 2020. № 12. С. 12–17.
2. Балюк С.А., Даниленко А.С., Фурдичко О.І. Звернення до керівництва держави щодо подолання кризової ситуації у сфері охорони земель. Вісник с.-г. науки. 2017. № 11. С. 5–8.
3. Періодична доповідь. Про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України / за ред. І.П. Яцука. Київ, 2015. 118 с.
4. Землеробство: підручник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 3–5.
5. Яцук І.П., Моклячук Л.І. Екологічні індикатори зеленого зростання сільського господарства: монографія. Київ: ДІА, 2018. 159 с.
6. Кузін Н.В. Реабілітація деградованих і малопродуктивних земель сільськогосподарського призначення: монографія. Суми: видавничо-виробниче підприємство «Мрія-1», 2016. С. 35–36, 47 с.
7. Попова О.Л. Оцінка суспільних збитків і розміру відшкодування за погіршення якості сільськогосподарських земель. Економіка України. 2013. № 3 (616). С. 47–56.
8. Еволюція систем землеробства в Україні: монографія / І.Д. Примака та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. С. 433–453, 469–479.
9. Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства: навчальний посібник / І.Д. Примака та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2022. С. 280–292, 308–313.
10. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ: Аграрна наука, 2015. С. 48–49, 185 с.
11. Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 97–98, 253–258, 274.
12. Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2014. С. 78–87, 331.

13. Скрильник Є.В., Гетманенко В.А., Кутова А.М., Товстий Ю.М. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом курячого посліду і компостів на його основі. Вісник аграрної науки. 2020. № 4. С. 21–27.

14. Демиденко О.В. Родючість чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення в агроценозі Центрального Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2022. № 3. С. 5–12.

15. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / О.В. Демиденко та ін. Сміла, 2019. С. 253–255, 397–398, 402.

16. Кривенко А.І. Агробіологічні основи технологій вирощування озимих зернових культур у Південному Степу України: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. С. 63–65, 106–108.

17. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. Зміни органічної речовини чорноземів під впливом тривалого сільськогосподарського використання. Посібник українського хлібороба. 2016. Т. 1. С. 121–123.

18. Богданович Р.П., Олійник В.С. Вплив надходження рослинних решток культур короткоротаційної сівозміни на вміст рухомих гумусових речовин в чорноземі типовому легкосуглинковому Правобережного Лісостепу. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2014. Вип. 21. С. 20–24.

19. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / М.В. Присяжнюк та ін. Київ, 2010. 112 с.

20. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Дубовий Ю.О. Стан гумусу чорнозему вилугуваного та післядія добрив за тривалого їх застосування у зернових ланках сівозміни. Новітні агротехнології. 2019. 7 с.

21. Войтовик М.В. Накопичення післяжнивних решток у ґрунті короткоротаційних сівозмін. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво: міжвід. темат. наук. зб. 2023. Вип. 73. Ч. 1. С. 42–56.

22. Гангур В.В. Агробіологічні основи формування сівозмін різної ротації в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2019. 54 с.

23. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2016. С. 63–82, 282–283.

24. 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.

25. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 227 с.

26. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті / О.О. Бацула та ін. Київ: Урожай, 1987. С. 77–90, 103–106.

27. Екологічна система землеробства в Лісостепу України: методичні рекомендації для впровадження у виробництво / С.П. Танчик та ін. Київ, 2011. С. 3–30.

28. Танчик С.П., Примаєк І.Д., Літвінов Д.В., Центилю Л.В. Сівозміни: підручник. Київ: ЦП Компринт, 2019. С. 108–110.

29. Добрива в органічному землеробстві: історія, теорія, практика / І.Д. Примаєк та ін. Вінниця: «ТВОРИ», 2023. 262 с.

30. Шикила М.К. Концепція біологічного землеробства на чорноземних ґрунтах. Науковий вісник НАУ. 2005. № 81. С. 262–278.

REFERENCES

1. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., Momot, H.F., Levin, A.Ia. (2020). Pidtrymuite hrunt zhyvym, zakhyshchaite yoho bioriznomanittia [Keep the soil alive, protect its biodiversity] Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 12, pp. 12–17.

2. Baliuk, S.A., Danylenko, A.S., Furdychko, O.I. (2017). Zvernennia do kerivnytstva derzhavy shchodo podolannia kryzovoi sytuatsii u sferi okhorony zemel [Appeal to the state leadership on overcoming the crisis situation in the field of land protection]. Visnyk s.-h. nauky [Bulletin of agricultural science]. no. 11, pp. 5–8.

3. Yatsuk, I.P. (2015). Periodychna dopovid. Pro stan hruntiv na zemliakh silskohospodarskoho pryznachennia Ukrainy [Periodic report. On the condition of soils on agricultural lands of Ukraine]. Kyiv, 118 p.

4. Prymak, I.D., Yezerkovska, L.V., Fedoruk, Yu.V. (2020). Zemlerobstvo: pidruchnyk [Agriculture]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 3–5.

5. Yatsuk, I.P., Mokliachuk, L.I. (2018). Ekolohichni indykatory zelenoho zrostannia silskoho hospodarstva: monohrafiia [Ecological indicators of green growth of agriculture]. Kyiv, DIA, 159 p.

6. Kuzin, N.V. (2016). Reabilitatsiia dehradovanykh i maloproduktyvnykh zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Rehabilitation of degraded and unproductive agricultural lands]. Sumy, publishing and production enterprise "Mriya-1", pp. 35–36, 47 p.

7. Popova, O.L. (2013). Otsinka suspilnykh zbytkiv i rozmiru vidshkoduvannia za pohirshennia yakosti silskohospodarskykh zemel [Assessment of social damages and the amount of compensation for the deterioration of the quality of agricultural land]. Ekonomika Ukrainy [Ukraine economy]. no. 3 (616), pp. 47–56.

8. Prymak, I.D., Tsiuk, O.A., Martyniuk, I.V. (2022). Evoliutsiia system zemlerobstva v Ukraini: monohrafiia [Evolution of farming systems in Ukraine]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 433–453, pp. 469–479.

9. Prymak, I.D., Martyniuk, I.V., Fedoruk, Yu.V. (2022). Naukovi osnovy suchasnykh system vitchyznianoho zemlerobstva: navchalni posibnyk [Scientific foundations of modern systems of domestic agriculture]. Vinnytsia, TVORY, pp. 280–292, pp. 308–313.

10. Zaryshniak, A.S., Tsvei, Ya.P., Ivanina, V.V. (2015). Optyimizatsiia udobrennia ta rodiuchosti hruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv, Agrarian science, pp. 48–49, 185 p.

11. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva: monohrafiia [Scientific foundations of farming systems: monograph]. Vinnytsia, TOV Nilan- LTD, pp. 97–98, pp. 253–258, 274 p.

12. Tsvei, Ya.P. (2014) Rodiuchist hruntiv i produktyvnist sivozmin: monohrafiia [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv, TsP Komprynt, pp. 78–87, 331 p.
13. Skrylnyk, Ye.V., Hetmanenko, V.A., Kutova, A.M., Tovsty, Yu.M. (2020). Balans humusu v chornozemi opidzolenomu vazhkosuhlynkovomu pid vplyvom kuriachoho poslidu i kompostiv na yoho osnovi [The balance of humus in podsolized heavy loam chernozem under the influence of chicken droppings and composts based on it]. *Visnyk ahraryi nauky* [Bulletin of agricultural science]. no. 4, pp. 21–27.
14. Demydenko, O.V. (2022). Rodiuchist chornozemu opidzolenoho za riznykh system udobrennia v ahrotenozii Tsentralnoho Lisostepu [Fertility of podsolized chernozem under different fertilization systems in the agrocenosis of the Central Forest Steppe]. *Visnyk ahraryi nauky* [Bulletin of agricultural science]. no. 3, pp. 5–12.
15. Demydenko, O.V., Boiko, P.I., Blashchuk, M.I., Shapoval, I.S., Kovalenko, N.P. (2019). Sivozminy ta rodiuchist chornozemu Livoberezhnoho Lisostepu: monohrafiia. Smila [Crop rotations and fertility of chernozem of the Left Bank Forest Steppe]. pp. 253–255, pp. 397–398, 402 p.
16. Kryvenko, A.I. (2018). Ahrobiolohichni osnovy tekhnolohii vyroshchuvannia ozymykh zernovykh kultur u Pivdenomu Stepu Ukrainy: monohrafiia [Agrobiological bases of technologies for growing winter grain crops in the Southern Steppe of Ukraine]. Vinnytsia, TOV Nilan-LTD, pp. 63–65, pp. 106–108.
17. Skrylnyk, Ye.V., Kutova, A.M., Hetmanenko, V.A. (2016). Zminy orhanichnoi rechovyny chornozemiv pid vplyvom tryvaloho silskohospodarskoho vykorystannia [Changes in the organic matter of chernozems under the influence of long-term agricultural use. Ukrainian farmer's guide]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba* [Ukrainian farmer's guide]. Vol. 1, pp. 121–123.
18. Bohdanovych, R.P., Oliinyk, V.S. (2014). Vplyv nadkhodzhenia roslynnykh reshtok kultur korotkorotatsiinoi sivozminy na vmist rukhomykh humusovykh rechovyn v chornozemi typovomu lehkosuhlynkovomu Pravoberezhnoho Lisostepu [The influence of the arrival of plant residues of short-rotation crops on the content of mobile humic substances in the typical light loam chernozem of the Right Bank Forest Steppe]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv* [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. Issue 21, pp. 20–24.
19. Prysiazhniuk, M.V. (2010). Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti hruntiv Ukrainy [National report on the state of soil fertility of Ukraine]. Kyiv, 112 p.
20. Tsvei, Ya.P., Ivanina, R.V., Dubovy, Yu.O. (2019). Stan humusu chornozemu vyluhuvanoho ta pisladiia dobryv za tryvaloho yikh zastosuvannia u zernovykh lankakh sivozminy [The condition of leached chernozem humus and the effect of fertilizers during their long-term use in the grain links of crop rotation]. *Novitni ahrotekhnolohii* [The latest agricultural technologies]. 7 p.
21. Voitovyk, M.V. (2023). Nakopychennia pisliazhnyvykh reshtok u hrunti korotko rotatsiinykh sivozmin [Accumulation of post-harvest residues in the soil of short rotation crop rotations]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo: mizh vid. temat. nauk. zb.* [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry: interdisciplinary. subject of science coll.]. Issue 73, Part 1, pp. 42–56.
22. Hanhur, V.V. (2019). Ahrobiolohichni osnovy formuvannia sivozmin riznoi rotatsii v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra s.-h. nauk: 06.01.01. [Agrobiological bases of formation of crop rotations of different rotations in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Chabany, 54 p.
23. Ivanina, V.V. (2016). Biolohizatsiia udobrennia kultur u sivozminakh: monohrafiia [Biologization of crop fertilization in crop rotations]. Kyiv, TsP Komprynt, pp. 63–82, pp. 282–283.
24. Skrylnyk, Ye.V., Kutova, A.M., Hetmanenko, V.A., Herasymenko, Ya.O. (2020). Vplyv riznykh system udobrennia na kilnist i yakisnyi sklad humusu demovo-pidzolyistoho hruntu [The influence of different fertilization systems on the quantity and qualitative composition of humus in sod-podzolic soil]. *Visnyk ahraryi nauky* [Bulletin of agricultural science]. no. 8, pp. 14–19.
25. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, P.V. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PP TD Edelveis i K, 227 p.
26. Batsula, O.O., Holovachov, Ye.A., Derevianko, R.H. (1987). Zabezpechennia bezdefitsynnoho balansu humusu v hrunti [Ensuring a deficit-free balance of humus in the soil]. Kyiv, Harvest, pp. 77–90, pp. 103–106.
27. Tanchyk, S.P., Demidov, O.A., Man'ko, Ju.P. (2011). Ekologichna systema zemlerobstva v Lisostepu Ukrainy: metodychni rekomendatsii dlja vprovadzhennia u vyrobnytstvo [The ecological system of agriculture in the forest-steppe of Ukraine: methodical recommendations for implementation in production]. Kyiv, pp. 3–30.
28. Tanchyk, S.P., Prymak, I.D., Litvinov, D.V., Tsentylo, L.V. (2019). Sivozminy: pidruchnyk [Crop rotation]. Kyiv, TsP Komprynt, pp. 108–110.
29. Prymak, I.D., Marchuk, I.U., Martyniuk, I.V. (2023). Dobryva v orhanichnomu zemlerobstvi: istoriia, teoriia, praktyka [Fertilizers in organic farming: history, theory, practice]. Vinnytsia, TVORY, 262 p.
30. Shykula, M.K. (2005). Kontseptsiiia biolohichnoho zemlerobstva na chornozemnykh hruntakh [The concept of biological agriculture on chernozem soils]. *Naukovi visnyk NAU* [Scientific Bulletin of NAU]. no. 81, pp. 262–278.

The influence of fertilizer systems on plant residues mass of agrophytocoenoses of short-term crop rotation, the balance of soil humus and ecologization of agriculture

Prymak I., Yezerkivska L., Voitovyk M., Karaulna V., Panchenko O., Kachan L., Obrazhyi S.
Three-year (2020–2022) studies on the black soil of a typical experimental field of the Bila Tserkva

National Agrarian University found that on unfertilized variants fertilized with 6t/ha of manure + N₆₄P₅₄K₅₈, 6t/ha of manure + N₉₈P₆₆K₉₂ and 6 t/ha of manure + N₁₂₆P₈₂K₁₁₆ according to the use of non-commercial products of agrophytocenoses as organic fertilizer, the dry matter of root residues was 2.64, respectively; 3.89; 4.64 and 5.13 tons, plant residues – 3.63; 5.25; 6.24 and 6.84 tons, and crop rotation productivity – 1.98; 3.42; 4.40 and 4.83 tons of dry matter of the main products and 4.48; 7.84; 10.22 and 11.43 tons of the main products and by-products of crops per hectare of arable land.

With an increase in fertilizer application rates, the increase in marketable products of agrophytocenoses is higher than that of plant residues. At the same time, the ratio of the dry mass of the main products and by-products of agricultural plants to the mass of their root and plant residues, as well as the share of their non-marketable products, is increasing.

A positive balance of soil humus was recorded only in the fields of white mustard and buckwheat, it is negative under the rest of the agrophytocenoses. On unfertilized plots fertilized with 6 tons of manure + N₆₄P₅₄K₅₈, 6 tons of manure + N₉₈P₆₆K₉₂ and 6 tons of manure + N₁₂₆P₈₂K₁₁₆ with the use of by-products of agrophytocenoses as organic fertilizer, the balance

of humus in the arable layer of typical black soil was positive and was, respectively, 0.34; 0.63; 0.55 and 0.60 t per hectare of crop rotation. When non-commodity crop production was removed from the fields, this indicator was negative in all experimental variants.

In general, the share of humus formed from manure, plant residues, green manure and non-commodity crop products in the crop rotation was 0, 36, 31 and 33% on unfertilized plots, respectively; 10, 30, 27 and 33 % – fertilized with 6 t/ha of manure + N₆₄P₅₄K₅₈; 8, 29, 27 and 36 % – fertilized with 6 t/ha of manure + N₉₈P₆₆K₉₂; 7.29, 26 and 38 % – fertilized with 6 t/ha of manure + N₁₂₆P₈₂K₁₁₆.

According to the indicator of the ecologization coefficient of agriculture, the zero fertilization system (without the application of manure and mineral fertilizers) corresponds to biological farming, the first is ecological, the second and the third – the ecologization of the branch.

Agrotechnically efficient is the use of agrophytocenoses by-products as organic fertiliser and ploughing only for a row crop in a five-field crop rotation.

Key words: fertilization system, plant residues, humus, agrophytocenoses, crop rotation, ecologization, by-products (non-marketable products), productivity.



Copyright: Примак І.Д. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Примак І.Д.

Єзерковська Л.В.

Караульна В.М.

Качан Л.М.

Ображій С.В.

<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>

<https://orcid.org/0000-0002-6644-120X>

<https://orcid.org/0000-0002-9141-9880>

<https://orcid.org/0000-0001-5374-3252>

<https://orcid.org/0000-0002-3532-6655>