

УДК 631.417

Вміст і баланс гумусу у ґрунті за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні

Господаренко Г. М., доктор сільськогосподарських наук
Бойко В. П.

Прокопчук І. В., кандидат сільськогосподарських наук
Стасіневич О. Ю., кандидат сільськогосподарських наук

Уманський національний університет садівництва
Україна, 20300, м. Умань, вул. Інститутська, 1, Черкаська область
pivotbi@ukr.net

Мета. Оцінити напрям змін вмісту та запасів гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у короткоротаційній польовій сівозміні на фоні загортання у ґрунт нетоварної частини врожаю. **Методика.** Дослідження проведено в польовій сівозміні дослідного поля Уманського національного університету садівництва за таким чергуванням культур: пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий і соя. Вміст загального гумусу у ґрунті визначали відповідно до ДСТУ 4289, а його баланс – за методикою С. А. Балюка та ін. (2011). **Результати.** Простежено баланс гумусу у ґрунті за 2011–2018 рр. за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні. За повного мінерального удобрення ($N_{110}P_{60}K_{80}$) впродовж восьми років вміст гумусу в шарі 0–20 см чорнозему порівняно з ділянками без добрив підвищився на 10 % (з 3,71 до 4,09 % у середньому по чотирьох полях сівозміни). У шарі ґрунту 20–40 см зміни були недостовірними. Найбільше зменшилися запаси гумусу в шарі ґрунту 0–20 см у варіантах без добрив та із внесенням $P_{60}K_{80}$ і $N_{110}K_{80}$ (на 2,0–4,2 т/га), а найбільше підвищення запасів гумусу в указаному шарі ґрунту порівняно з вихідним рівнем відмічено у варіантах досліді із внесенням $N_{110}P_{60}K_{80}$ та $N_{110}P_{60}K_{40}$ (відповідно на 6,9 і 5,8 т/га). **Висновки.** Напрямок процесів ґрунтоутворення і рівень родючості ґрунту залежать від видів, доз і співвідношень добрив. Найбільші втрати гумусу в шарі ґрунту 0–20 см відбулися на ділянках без добрив (на 3 %) та у варіанті досліді $N_{110}K_{80}$ (на 4 %). Системи удобрення $N_{55}P_{30}K_{40}$, $N_{110}P_{30}K_{40}$ і $N_{110}P_{30}K_{80}$ у цілому забезпечують відновлення гумусу в шарі ґрунту 0–40 см, але найбільше зростання гумусованості ґрунту спостерігали у варіантах досліді $N_{110}P_{60}K_{80}$ і $N_{110}P_{60}K_{40}$, за яких запаси гумусу збільшилися на 6,4–8,1 т/га. Нетоварна частина врожаю у складі рослинної маси, що надходить у ґрунт після збирання врожаю сільськогосподарських культур, складає 47–51 % залежно від удобрення і є важливим джерелом відновлення вмісту гумусу.

Ключові слова: вміст і баланс гумусу, дози і співвідношення мінеральних добрив, польова сівозміна, нетоварна частина врожаю

Вступ. Спираючись на багаторічні дослідження, вчені й спеціалісти багатьох країн стурбовані скороченням обсягу застосовуваних органічних добрив, особливо підстилкового гною, що призводить до зменшення запасів гумусу у ґрунтах. Це викликало зниження стабільності врожаїв вирощуваних культур та розвиток водної і вітрової ерозії. Тому актуальними стають методи контролю за вмістом органічних речовин в орних землях.

Вирощування сільськогосподарських культур зазвичай зменшує вміст гумусу у ґрунті, який є важливою складовою його родючості. Гумус забезпечує формування агрономічно цінної структури ґрунту та сприятливих водно-фізичних його властивостей. Від його вмісту значною мірою залежить теплоємність, теплопровідність і буферність ґрунту. Родючість ґрунту залежить також від умісту в органічних речовинах біологічно-активних складових, що впливають на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах. Крім того, органічні речовини ґрунту мають велике значення для забезпечення рослин елементами живлення та підвищення ефективності високих доз мінеральних добрив. Унаслідок значного скорочення або взагалі відмови від застосування гною вміст органічних речовин, зокрема гумусу, у ґрунті зменшується, що погіршує його водний і поживний режими та агрофізичні властивості.

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Радикальна екологізація та інтенсифікація землеробства неможливі без оптимізації системи застосування добрив. На сучасному етапі інтенсифікація землеробства – це не тільки отримання максимальних урожаїв сільськогосподарських культур, але й забезпечення їх стабільності, що вимагає збереження та подальшого підвищення родючості ґрунтів з метою нарощування ефективності господарювання. Основним критерієм екологічно обґрунтованих доз добрив є необхідність забезпечити умови формування бездефіцитного балансу основних елементів живлення та гумусу у ґрунті [1]. На чорноземах загострилась проблема деградації ґрунту, однією з головних діагностичних ознак якої є зменшення вмісту органічних речовин, зокрема їх основної складової – гумусу. Це зумовлено багатьма причинами, основні з яких – відсутність постійної компенсації поточних витрат органічної речовини рослинними рештками й органічними добривами переважно внаслідок їхньої біологічної мінералізації і зміни співвідношень, що склалися між мінералізацією свіжої органічної речовини, утворенням і стабілізацією нових гумусових речовин у ґрунті [2].

У період «зеленої революції» водночас зі значним зміцненням продовольчої безпеки знизилась родючість ґрунтів, основною причиною чого стало погіршення їх гумусованості та структури [3]. Значні втрати гумусу у ґрунтах України в 1980-х роках стали наслідком збільшення у сівозмінах частки просапних культур (насамперед цукрового буряку, кукурудзи, соняшнику) [4]. Втрати гумусу залежать від структури сівозмін і агротехнологій (способів обробітку ґрунту та доз органічних добрив). За розрахунками Б. М. Когута [5], у тривалій перспективі середній рівень мінералізації гумусу в рік на чорноземах становитиме 0,03 %, що в розрізі орного шару складе 400 кг/га.

Існує два погляди на гумусованість чорноземів: відновлення початкового його стану або збереження на сучасному рівні за різкого зменшення втрат. Останній являє собою складний, але реальний шлях. Узагальнені дані ряду досліджень [6] свідчать, що за застосування високих доз гною і повернення у ґрунт соломи через 30–50 років відновлюється природна гумусованість чорнозему. Але такий підхід не може бути поширений на великі площі, крім того, чекати потрібно тривалий час. Отже, зниження гумусованості чорноземів в умовах сучасного землеробства не може бути зупинено, але має бути істотно послаблено, щоб зберегти родючість цих ґрунтів упродовж якомога тривалішого часу.

Для досягнення бездефіцитного балансу гумусу дози гною в середньому для ґрунтів України мають становити 10–11 т/га в рік з диференціацією для Полісся (13–15 т/га), Лісостепу (9–11) і Степу (7–9 т/га). Але в 1980-ті роки максимальне внесення гною складало лише 8, 9 т/га [7]. Нині ситуація різко погіршилася. Дефіцит гною, а також часто зайвий і глибокий обробіток призводять до фізичної деградації ґрунтів [8]. Тому досягнення бездефіцитного балансу органічної речовини у ґрунті є пріоритетним напрямом у подоланні його деградації й досягненні стабільності землекористування.

За узагальненими даними наукових установ [9], для підтримання бездефіцитного балансу гумусу в чорноземах необхідно залежно від їх підтипу щорічно вносити на 1 га площі сівозміни 4–8 т органічних добрив (у розрахунку на підстилковий гній).

У Правобережному Лісостепу для відновлення родючості сірого лісового ґрунту в короткоротаційних сівозмінах також рекомендується додатково вирощувати сидеральні культури (вико-овес, гірчицю білу та горох) [10].

Перевищувати межу вмісту гумусу, притаманного природному стану ґрунту, недоцільно. Аналіз синхронних вибірок вмісту гумусу у ґрунті та врожайності показав [11], що врожай не зростає після досягнення вмісту гумусу у ґрунті 3,5 %.

Існує кілька поглядів щодо впливу мінеральних добрив на вміст гумусу: 1) мінеральні добрива, особливо в малих дозах, зменшують вміст гумусу у ґрунті; 2) обумовлюють зменшення втрат гумусу порівняно з неудобреним ґрунтом; 3) підтримують вміст гумусу на початковому рівні; 4) забезпечують приріст гумусу у ґрунті [12]. Зменшення вмісту гумусу за внесення невисоких доз мінеральних добрив пояснюють переважанням процесів розкладання органічних речовин ґрунту. Позитивний вплив мінеральних добрив на процес гуміфікації у ґрунті пов'язаний з посиленням активності синьо-зелених водоростей і хемотрофних бактерій внаслідок підвищення концентрації ґрунтового розчину та вмісту

кальцію, що стимулює коагуляцію колоїдних фракцій органічних речовин, і нарешті, з приростом маси рослинних залишків на удобрених фонах [12, 13].

Істотний вплив на процеси накопичення гумусу у ґрунті мають органічні добрива в поєднанні з мінеральними, що сприяє не тільки найбільшому зростанню вмісту гумусу та значному покращенню агрофізичних властивостей ґрунту, а й отриманню високих урожаїв польових культур. Це пояснюється подвійним механізмом дії орґано-мінеральної системи удобрення: збільшення вмісту та запасів гумусу відбувається внаслідок збільшення маси післязбиральних залишків під впливом поживних речовин органічних і мінеральних добрив, а також завдяки стимулювальному впливу сполук азоту на новоутворення гумусових речовин. Ця думка знайшла підтвердження в роботах учених, які досліджували чорноземні ґрунти [14].

На чорноземі типовому слабосолонцюватуму Лівобережного Лісостепу під впливом тривалого застосування добрив в умовах короткочастотної плодозмінної сівозміни родючість ґрунту залежно від системи удобрення, чергування культур і обробітку ґрунту змінюється не тільки в орному, але й у нижчих шарах ґрунтового профілю. Якщо на перелозі рівень родючості тісно пов'язаний з генетичними особливостями ґрунту, то на ріллі він залежить від характеру сільськогосподарського використання та антропогенного навантаження. За інтенсивного господарювання саме останній чинник призводить до деградації ґрунту не тільки в орному, але й у підорному шарі, внаслідок чого втрачається потенційна та ефективна родючість [15]. Тому проблема подолання деградації ґрунту, зокрема відтворення гумусу в ньому, є вкрай важливою і актуальною.

Мета досліджень – оцінити напрям змін вмісту та запасів гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у короткочастотній польовій сівозміні на фоні загортання у ґрунт нетоварної частини врожаю.

Матеріал і методика. Дослідження проведено в закладеній у 2010 р. польовій сівозміні дослідного поля Уманського національного університету садівництва (Маньківський природно-сільськогосподарський район Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції України) з таким чергуванням культур: пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий і соя. Загальна площа ділянки 110 м², облікова – 72 м². Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Дослід закладено одночасно на чотирьох полях. Повторність варіантів триразова. У досліді застосовували амі-

ачну селітру, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Схема досліду передбачає часткову та повну компенсацію розрахункового виносу врожаєм культур основних елементів живлення ($N_{110}P_{60}K_{80}$). Вміст гумусу у ґрунті визначали відповідно до ДСТУ 4289 [16], а його баланс – за методикою [17].

Обговорення результатів. Незважаючи на те, що з 2010 р. пройшло лише дві ротації 4-пільної сівозміни, у деяких варіантах системи удобрення відмічено тенденцію до зміни вмісту гумусу у ґрунті (збільшення або зменшення) (табл. 1). Слід зазначити, що більші зміни зазвичай проходили в шарі ґрунту 0–20 см, що можна пояснити зосередженням тут значної кількості кореневих залишків і загорнутої нетоварної частини врожаю сільськогосподарських культур.

Таблиця 1. Вміст гумусу у ґрунті за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у сівозміні (2018 р.)

Варіант досліду	Шар ґрунту, см	Вміст гумусу по культурах сівозміни, %			
		пшениця озима	кукурудза	ячмінь ярий	соя
Без добрив (контроль)	0-20	3,78	3,46	3,75	3,85
	20-40	3,58	3,52	3,69	3,97
N_{55}	0-20	3,81	3,65	3,72	3,94
	20-40	3,60	3,60	3,72	3,88
N_{110}	0-20	3,74	3,64	3,83	3,81
	20-40	3,77	3,51	3,92	3,68
$P_{60}K_{80}$	0-20	3,84	3,69	3,74	3,85
	20-40	3,73	3,60	3,68	3,75
$N_{110}K_{80}$	0-20	3,70	3,56	3,70	3,60
	20-40	3,84	3,66	3,64	3,78
$N_{110}P_{60}$	0-20	3,85	3,77	3,89	3,89
	20-40	3,83	3,60	3,83	3,70
$N_{55}P_{30}K_{40}$	0-20	3,96	3,75	3,88	3,81
	20-40	3,76	3,66	3,74	3,80
$N_{110}P_{60}K_{80}$	0-20	4,13	3,99	4,05	4,19
	20-40	3,83	3,72	3,74	3,83
$N_{110}P_{30}K_{40}$	0-20	3,89	3,73	3,89	3,77
	20-40	3,80	3,72	3,73	3,75
$N_{110}P_{60}K_{40}$	0-20	4,08	3,96	4,06	4,06
	20-40	3,83	3,80	3,66	3,71
$N_{110}P_{30}K_{80}$	0-20	4,04	3,94	3,97	4,05
	20-40	3,76	3,77	3,73	3,74
HP_{05}	0-20	0,32	0,26	0,28	0,22
	20-40	0,21	0,21	0,18	0,16

Примітка. Перед закладанням досліду (2010 р.) вміст гумусу в шарі ґрунту 0–20 см становив 3,81 %, 20–40 см – 3,73 %

Культури сівозміни за винятком кукурудзи не різнилися щодо впливу на вміст гумусу у ґрунті. Під кукурудзою, як просапною культурою, відмічено тенденцію до його зниження, особливо в шарі ґрунту 0–20 см.

У середньому по 4 полях сівозміни середньорічне зниження вмісту гумусу в шарі ґрунту 0–20 см у варіанті без добрив становило 0,01 %, тоді як у варіанті $N_{110}K_{80}$ – 0,02 %, що можна пояснити мінералізацією органічних речовин за внесення високих доз азотних добрив.

За внесення повного мінерального добрива $N_{110}P_{60}K_{80}$ вміст гумусу в шарі ґрунту порівняно з ділянками без добрив підвищився на 10 % (з 3,71 до 4,09 % у середньому по 4 полях сівозміни). За внесення повного мінерального добрива $N_{55-110}P_{30-60}K_{40-80}$ вміст гумусу був у межах 3,82–4,09 %, тобто на рівні вихідного показника. Судячи з НІР₀₅ 0,22–0,32 %, відмічено тенденцію до його підвищення. Такі незначні зміни можна пояснити доволі нетривалим періодом проведення дослідів.

У середньому по чотирьох полях сівозміни вміст гумусу в шарі ґрунту 20–40 см становив 3,69–3,78 % за НІР₀₅ 0,16–0,21 %, тобто зміни були недостовірними.

Більш інформативним показником, ніж уміст гумусу, є його запаси у ґрунті. Як видно з даних таблиці 2, найбільші зміни щодо запасів гумусу відбувались у шарі ґрунту 0–20 см, тоді як у шарі 20–40 см вони залишилися на рівні 93,6–95,9 т/га (при запасах перед закладанням дослідів 94,7 т/га).

Таблиця 2. Вплив удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні на запаси гумусу у ґрунті (2018 р.)

Варіант дослідів	Запаси гумусу в шарах ґрунту, т/га		
	0–20 см	20–40 см	0–40 см
Перед закладанням дослідів	94,5	94,7	189,2
Без добрив (контроль)	92,0	91,6	185,6
N_{55}	93,8	94,0	187,8
N_{110}	93,3	94,6	187,9
$P_{60}K_{80}$	92,5	93,7	186,2
$N_{110}K_{80}$	90,3	94,7	185,0
$N_{110}P_{60}$	95,5	95,1	190,6
$N_{55}P_{30}K_{40}$	95,4	95,0	190,9
$N_{110}P_{60}K_{80}$	102,4	95,9	197,3
$N_{110}P_{30}K_{40}$	98,4	95,2	193,6
$N_{110}P_{60}K_{40}$	100,3	95,3	195,6
$N_{110}P_{30}K_{80}$	99,4	95,3	194,7

Як показали розрахунки, найбільше зниження запасів гумусу в середньому за рік (на 0,25–0,53 т/га) відбувалось у таких варіантах дослідів: без добрив, $P_{60}K_{80}$ і $N_{110}K_{80}$ (рис.).

У шарі ґрунту 0–20 см порівняно з вихідним рівнем найбільше зниження запасів гумусу відмічено у варіантах без добрив, $P_{60}K_{80}$ і $N_{110}K_{80}$ (на 2,0–4,2 т/га), а найбільше підвищення – у варіантах $N_{110}P_{60}K_{80}$ і $N_{110}P_{60}K_{40}$ (на 6,9 і 5,8 т/га).

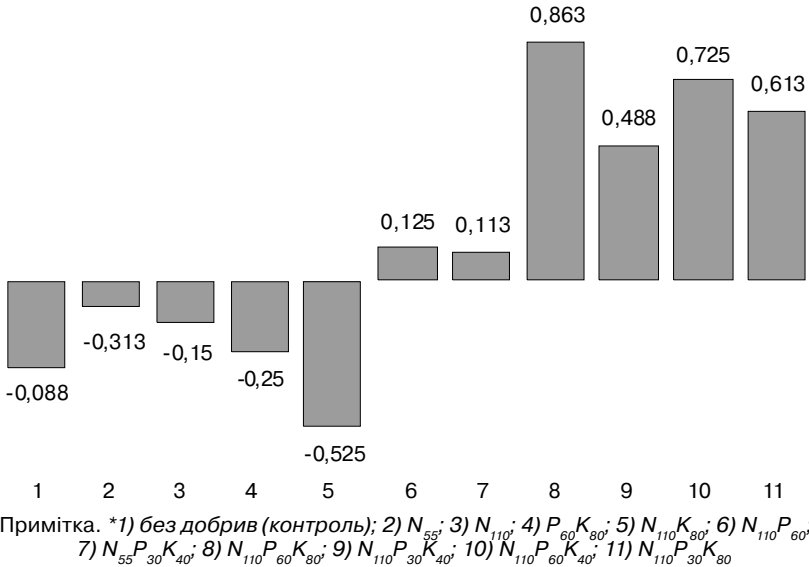


Рис. Середньорічна зміна запасів гумусу в шарі ґрунту 0–20 см (т/га) за різних доз і співвідношень мінеральних добрив* у польовій сівозміні (2011–2018 рр., середнє по 4 полях)

За вісім років проведення дослідів запас гумусу в шарі ґрунту 0–40 см на ділянках без добрив знизився на 3,6 т/га, тоді як у варіантах із внесенням повного мінерального добрива $N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$ підвищився на 4,4–8,1 т/га, або на 2–4 %.

Варіанти дослідів $N_{110}P_{60}$ і $N_{55}P_{30}K_{40}$ сприяють збереженню вмісту гумусу на вихідному рівні (перед закладанням дослідів). За внесення повного мінерального добрива $N_{110}P_{30-60}K_{40-80}$ щорічний приріст вмісту гумусу становив 0,49–0,86 т/га. Це можна пояснити збільшенням надходження у ґрунт органічних речовин з нетоварної продукції, яка залишається в полі на добриво.

Отже, основні зміни щодо вмісту гумусу в ґрунті проходять у шарі ґрунту 0–20 см, тому важливо знати середньорічні темпи цих змін, щоб мати можливість корегувати систему застосування добрив у сівозміні.

Для оцінювання ефективності системи удобрення, вирішення теоретичних і практичних питань щодо застосування добрив у землеробстві, визначення потреби у добривах в агрохімічних дослідженнях широко застосовується балансовий метод [18–21]. Розрахунок балансу поживних речовин дає можливість встановити також спрямованість процесів у системі ґрунт-рослина-добриво, що проходять під дією добрив, та визначити абсолютні і відносні величини складових балансу.

Численні дослідження, проведені німецькими вченими [22, 23], показують, що для відновлення гумусу необхідно в середньому 15 років. Упродовж цього періоду ґрунтом повинно зв'язуватися близько 100 кг/га азоту. Після закінчення цього періоду доза азоту має бути не вищою від виносу його з сільськогосподарською продукцією, що забезпечить уміст нітратного азоту в урожаї і ґрунті після збирання врожаю на рівні господарств з альтернативними системами землеробства.

На чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу за внесення у польовій сівозміні лише мінеральних добрив дозою $N_{45-90}P_{45-90}K_{45-90}$ для збереження оптимальних параметрів гумусового стану ґрунту рекомендується залишати в полі не менше 60–70 % нетоварної частини врожаю на органічне добриво [24].

Для оптимізації мінерального живлення у польових сівозмінах та для підвищення родючості сірого лісового ґрунту із середніми агрохімічними показниками у Правобережному Лісостепу господарствам рослинницького напрямку рекомендується максимально залучати нетоварну частину врожаю та вносити невисокі дози мінеральних добрив (не вище $N_{50}P_{30}K_{50}$) [25].

З метою збереження вмісту гумусу на оптимальному рівні та підтримання фізико-хімічних показників родючості чорнозему опідзоленого важкосуглинкового Правобережного Лісостепу в польовій зерно-буряковій сівозміні необхідним є внесення на 1 га площі 9 т гною і мінеральних добрив $N_{45}P_{68}K_{36}$ [26], а за умови залишення на полі нетоварної частини врожаю дози мінеральних добрив можна знизити від $N_{120}P_{45}K_{65}$ до $N_{70}P_{30}K_{30}$ на фоні 9,0–13,5 т/га гною [27]. Залишення на добриво нетоварної частини врожаю, соломи озимих і ярих зернових культур, гички буряку цукрового, сидеральної маси редьки олійної на фоні 10–40 т/га підстилкового гною дає можливість зменшити дози мінеральних добрив на 50 % порівняно з традиційною системою удобрення на чорноземі опідзоленому Лівобережного Лісостепу [28].

Для кожного підтипу ґрунту в цілинному статусі характерні постійні величини гумусового стану, які сформувалися за сотні і тисячі років залежно від природно-кліматичних умов. Такий стан можна вважати стабільним, оскільки втрати органічних речовин у результаті вимивання по профілю ґрунту невеликі, а надходження вуглецю в результаті фотосинтезу і його втрати в атмосферу приблизно однакові [29]. В агроценозі ця рівновага порушується, і вміст органічних речовин у ґрунті зменшується до нового стаціонарного рівня, який встановлюється абіотичними параметрами екосистеми.

У виробничій діяльності відстежити зміни гумусового стану ґрунту дуже проблематично через досить низький рівень його аналітичного визначення та просторову неоднорідність гумусового покриття. Тому необ-

хідно залучати додаткові методи оцінювання гумусового стану ґрунту в тих випадках, коли очікувані зміни порівняно невеликі. Найбільш зручним є балансовий метод [30]. Він не має високої точності, але дає змогу кількісно оцінити тренд змін гумусового стану ґрунту. До недоліків балансового методу слід віднести значну мінливість відношення основної частини врожаю до нетоварної залежно від сорту чи гібриду, удобрення та погодних умов, а також коефіцієнтів гуміфікації залежно від способу та глибини загорання органічних залишків і добрив у ґрунт, від відношення C : N в органічному матеріалі тощо.

Як показали розрахунки, за умови залишення на полі нетоварної частини врожаю на добриво (солома, листково-стеблова маса) в 4-пільній зерновій сівозміні складеється позитивний баланс гумусу – 0,41–2,05 т/га залежно від доз і співвідношень мінеральних добрив (табл. 3).

Таблиця 3. Баланс гумусу в ґрунті за різних доз і співвідношень мінеральних добрив у польовій сівозміні (2011–2018 рр.)

Варіант досліджу	Рослинна маса, т/га				Кількість новоутвореного гумусу, т/га	Мінералізація гумусу, т/га	Баланс гумусу, т/га
	нетоварної продукції	кореневих решток	поверхневих решток	всього			
Без добрив (контроль)	4,32	3,26	1,55	9,13	1,80	1,39	0,41
N ₅₅	6,07	4,29	1,90	12,27	2,43	1,39	1,04
N ₁₁₀	6,89	4,77	2,07	13,73	2,72	1,39	1,33
P ₆₀ K ₈₀	5,73	4,07	1,83	11,64	2,30	1,39	0,91
N ₁₁₀ K ₈₀	7,41	5,05	2,18	14,64	2,90	1,39	1,51
N ₁₁₀ P ₆₀	7,85	5,31	2,27	15,44	3,06	1,39	1,67
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	7,07	4,85	2,11	14,02	2,78	1,39	1,39
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	8,91	5,95	2,47	17,33	3,44	1,39	2,05
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	8,18	5,52	2,32	16,02	3,18	1,39	1,79
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	8,58	5,75	2,41	16,73	3,32	1,39	1,93
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	8,33	5,62	2,36	16,30	3,23	1,39	1,84

У структурі рослинної маси, що надходить у ґрунт на ділянках без добрив, найбільшу частку складає нетоварна частина врожаю (47 %), тоді як на кореневі і поверхневі рештки припадає відповідно 34 і 19 %. За внесення повного мінерального добрива дозою N₁₁₀P₆₀K₈₀ ці показники становлять 51, 34 і 15 %. Загалом у цьому варіанті дослідження надходження рослинних залишків у ґрунт порівняно з абсолютним контролем збільшувалося в 1,9 рази. За зменшення вдвічі дози фосфорних або калійних добрив у складі повного мінерального добрива (N₁₁₀P₆₀K₈₀) баланс гумусу зменшувався відповідно на 10 і 6 %. Між балансом гумусу та змінами

його запасів у ґрунті існує середній зв'язок ($r^2 = 0,682$). Це свідчить про необхідність удосконалення методики розрахунку балансу гумусу.

Висновки. Напрямок процесів ґрунтоутворення і рівень родючості ґрунту залежать від видів, доз і співвідношень добрив. Найбільші втрати гумусу в шарі ґрунту 0–20 см відбулися на ділянках без добрив (на 3 %) та у варіанті досліду $N_{110}P_{80}K_{80}$ (на 4 %). Системи удобрення із внесенням на 1 га площі сівозміни $N_{55}P_{30}K_{40}$, $N_{110}P_{30}K_{40}$ і $N_{110}P_{30}K_{80}$ у цілому забезпечують відновлення гумусу в шарі ґрунту 0–40 см, але найбільше зростання гумусованості ґрунту спостерігали у варіантах досліду $N_{110}P_{60}K_{80}$ і $N_{110}P_{60}K_{40}$, за яких запаси гумусу збільшилися на 6,4–8,1 т/га. Нетоварна частина врожаю у складі рослинної маси, що надходить у ґрунт після збирання врожаю сільськогосподарських культур, складає 47–51 % залежно від удобрення і є важливим джерелом відновлення вмісту гумусу.

Список використаних джерел

1. Греков В. О., Дацько Л. В., Жилкін В. А., Майстренко М. І., Дацько М. О. та ін. Методичні вказівки з охорони ґрунтів. Київ : [б. в.], 2011. 108 с.
2. Платонов І. Г., Сафонов А. Ф., Полин В. Д., Розанов В. А. Нормативы затрат минеральных удобрений для повышения плодородия дерново-подзолистой почвы. *Агрохимический вестник*. 2010. № 5. С. 9–11.
3. Ortas I., Lal R., Kapur S. Significance of carbon in the development of soil structure. *Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management* : Proceedings of the 8th International Soil Science Congress (Cesme-Izmir, Turkey, May 15–17, 2012). Vol. I. Izmir : N.p., 2012. P. 192.
4. Медведєв В. В. Новітні властивості антропогенно змінених ґрунтів. Сценарії антропогенної еволюції ґрунтового покриву. Харків : Бровін О. В., 2017. 162 с.
5. Когут Б. М. Агрогенная трансформация гумусного состояния русского чернозема. *Модели и технологии оптимизации земледелия* : сб. докл. Международной научно-практической конференции (г. Курск, 9–11 сентября 2003 г.). Курск : [б. и.], 2003. С. 145–148.
6. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
7. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства / за ред. В. В. Медведєва та М. В. Лісового. Харків : ШТРИХ, 2001. 101 с.
8. Медведєв В. В., Пліско І. В., Накісько С. Г., Тітенко Г. В. Деградація ґрунтів у світі, досвід її попередження і подолання. Харків : [б. в.], 2018. 168 с.
9. Определение доз минеральных удобрений и регламенты их применения при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур (методические указания). Москва : Агропромиздат, 1988. 24 с.
10. Жученко А. А., Казанцев Э. Ф., Афанасьев В. Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Кишинев : Штиинца, 1983. 77 с.
11. Салтановська О. П. Зміна родючості сірого лісового ґрунту Правобережного Лісостепу за різної інтенсивності його використання та сидерації: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.03 «агроґрунтознавство і агрофізика» / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2011. 20 с.
12. Баршадская С. И., Нецадим Н. Н., Квашин А. А. Урожайность и качество зерна различных сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественника, удобрений и других приемов выращивания. *Научный журнал КубГАУ*. 2016. № 6. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/87.pdf>

13. Чесняк Г. Я. Розрахунок балансу гумусу і доз внесення органічних добрив для забезпечення його бездефіцитного вмісту. *Довідник працівника агрохімслужби*. Київ : Урожай, 1991. С. 68–72.
14. Біднина І. О., Влащук О. С. Вплив систем застосування мінеральних добрив на продуктивність сільськогосподарських культур сівозміни. *Перспективи розвитку рослинницької галузі в сучасних економічних умовах* : Збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції (6–8 серпня 2013 р.). Скадовськ, 2013. С. 69–70.
15. Балаєв А. Д., Тонха О. Л. Актуальні питання збереження якості чорноземів. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2010. Спецвипуск. Кн. 2. *Охорони ґрунтів – державну підтримку*. С. 170–172.
16. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини : ДСТУ 4289:2004. [Чинний від 2005-07-01] Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 16 с. (Національні стандарти України).
17. Балук С. А., Греков В. О., Лісовий М. В., Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків : КП «Міська друк.», 2011. 30 с.
18. Тараріко Ю. О. Наукові основи формування моделей сталого розвитку агроєко-систем в Лісостепу та Поліссі України : автореф. дис. ... доктора с.-г. наук : спец. 03.00.16 «Екологія» / Інститут агроекології та біотехнології УААН. Київ, 2003. 36 с.
19. Господаренко Г. М. Основні принципи побудови системи удобрення в польовій сівозміні. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвід. темат. наук. зб. Харків, 2002. Спецвипуск. Кн. 3. *Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України*. С. 200–203.
20. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / за ред. В. Ф. Камінського. Київ : Едельвейс, 2015. 428 с.
21. Лісовий М. В. Регіональний асортимент мінеральних добрив та ефективні агро-технології їх застосування. *Вісник аграрної науки*. 2006. Спецвипуск, квітень. С. 52–55.
22. Літвінова О. А. Вплив тривалого використання добрив на родючість сірого лісового ґрунту і продуктивність зерно-просапної сівозміни : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.04. «Агрохімія» / Національний аграрний університет. Київ, 2007. 20 с.
23. Köster W. Nährstoffbilanzen landwirtschaftlich genutzter Boden und Auswirkungen auf die Düngung. *Wasser und Boden*. 1990. H. 42, N. 5. S. 331–336.
24. Poletschny H. Bodenvorräte als Nährstoffspeicher, Auswaschungspotential oder unverzinsliche Kapitalanlage. *Landwirtschaftliche Zeitschrift Rheinland*. 1990. Bd. 157. N. 6. S. 6–12.
25. Hospodarenko H., Prokopchuk I., Prokopchuk S., Trus A. Humus content in a podzolized chernozem after a long-term application of fertilizers in a field crop rotation. *Agronomy Research*. 2018. Vol. 16, No. 3. P. 728–736. doi: 10.15159/ar.18.080
26. Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства. Харків : 13 типографія, 2005. 167 с.
27. Чорна Л. В. Зміни агрофізичних та фізико-хімічних показників родючості чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.04. «Агрохімія» / Національний аграрний університет. Київ, 2000. 20 с.
28. Світовий В. М. Вплив тривалого удобрення на агрохімічні властивості, біологічну активність чорнозему опідзоленого та продуктивність культур польової сівозміни : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.04. «Агрохімія» / Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2002. 20 с.

29. Шедей Л. О. Вплив добрив на гумусовий стан і азотний фонд чорнозему опідзоленого та продуктивність сівозміни за традиційного і ресурсозберігаючого землеробства : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.04. «Агрохімія» / Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2005. 22 с.
30. Польовий В. М. Агроекологічний моніторинг та відтворення родючості ґрунтів північно-західного регіону України : автореф. дис. ... доктора с.-г. наук : спец. 06.01.04. «Агрохімія» / Національний аграрний університет. Київ, 2006. 39 с.

References

1. Grekov, V. O., Datsko, L. V., Zhylykin, V. A., Maistrenko, M. I., Datsko, M. O. et al. (2011). Guidelines for Soil Protection. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
2. Platonov, I. G., Safonov, I. F., Polin, V. D., & Rozanov, V. A. (2010). Standards for the cost of mineral fertilizers to improve the fertility of sod-podzolic soil. *Agrochemical Herald*, 5, 9–11. [in Russian]
3. Ortas, I., Lal, R., & Kapur, S. (2012). Significance of carbon in the development of soil structure. In *Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management* : Proc. the 8th International Soil Science Congress (Vol. 1, p. 192). May 15–17, 2012, Cesme-Izmir, Turkey.
4. Medvediev, V. V. (2017). Recent Properties of Anthropogenically Altered Soils. Scenarios of Anthropogenic Evolution of Soil Cover. Kharkiv: Brovin O. V. [in Ukrainian]
5. Kogut, B. M. (2003). Agrogenic transformation of humus state of Russian black soil. In *Models and Technologies of Optimization in Agriculture*: Proc. Int. Applied Research Conf. (pp. 145–148). September, 9–11, 2003, Kursk, Russia. [in Russian]
6. Hospodarenko, H. M. (2018). Agrochemistry. Kyiv: TOV “SIK UKRAINA”. [in Ukrainian]
7. Medvediev, V. V., & Lisovyi, M. V. (Eds.). (2001). The State of Soil Fertility in Ukraine and the Forecast of Its Changes in Modern Agriculture. Kharkiv: SHTRIKH. [in Ukrainian]
8. Medvediev, V. V., Plisko, I. V., Nakisko, S. H., & Titenko, H. V. (2018). The Degradation of Soils Worldwide, the Experience of Its Prevention and Overcoming. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
9. Determination of Doses of Fertilizers and Regulations for Their Use in Intensive Crop Management Practices (Guidelines). (1988). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
10. Zhuchenko, A. A., Kazantsev, E. F., & Afanasyev, V. N. (1983). Energy Analysis in Agriculture. Kishinev: Shtiintsa. [in Russian]
11. Saltanovska, O. P. (2011). Changes in fertility of gray forest soil of Right-Bank Forest-Steppe under different intensity of their use and application of green manure (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
12. Barshadskaya, S. I., Neshchadim, N. N., & Kvashin, A. A. (2016). Yield and grain quality of different varieties of winter wheat depending on the predecessor, fertilizers and other methods of growing. *Scientific Journal of KubSAU*, 6. Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/87.pdf> [in Russian]
13. Chesniak, G. Ya. (1991). Calculation of the balance of humus and doses of organic fertilizers to ensure its non-deficit content. *Manual of the Agrochemical Service Worker* (pp. 68–72). Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
14. Bidnyina, I. O., & Vlashchuk, O. S. (2013). Influence of systems of application of fertilizers on crop productivity in crop rotation. In *Prospects for the Development of Crop Production Industry in Modern Economic Conditions*: abstracts of Int. Applied Research Conf. (pp. 69–70). August 6–8, 2013, Skadovsk, Ukraine. [in Ukrainian]
15. Balaiev, A. D., & Tonkha, O. L. (2010). Topical issues of preserving the quality of chernozem. *AgroChemistry and Soil Science, Spec. ed. Book 2: State Support to Soil Protection*, 170–172. [in Ukrainian]

16. Soil quality. Methods for determination of organic matter: State Standard 4289: 2004. (2005). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
17. Baliuk, S. A., Grekov, V. O., Lisovyi, M. V., & Komarysta, A. V. (2011). Calculation of the Balance of Humus and Nutrients in Agriculture of Ukraine at Different Levels of Management. Kharkiv: CE "City Printing House". [in Ukrainian]
18. Tarariko, Yu. O. Scientific principles of agroecosystems forming models with stable development in the zones of Polissye and Forest-Steppe Belt, Ukraine (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). Institute of Agroecology and Biotechnology of UAAS, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
19. Hospodarenko, H. M. (2002). Basic principles of construction of fertilizer system in field crop rotation. *AgroChemistry and Soil Science, Spec. ed. Book 3: Soil Science and Agrochemistry on the Way to Sustainability*, 200–203. [in Ukrainian]
20. Kaminskyi, V. F. (Ed.). (2015). Scientific Bases of Effective Development of Agriculture in Agrolandscapes of Ukraine. Kyiv: Edelweis. [in Ukrainian]
21. Lysovyi, M. V. (2006). Regional assortment of mineral fertilizers and effective agrotechnologies of their application. *News of Agrarian Sciences, Spec. iss., April*, 52–55. [in Ukrainian]
22. Litvinova, O. A. (2007). Effect of long-term fertilizers application on fertility of the grey forest soil and productivity of grain-row-crop rotation (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). National Agricultural University, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
23. Koster, W. (1990). Nutrient balances agriculturally used soil and effects on the fertilization. *Water & Soil*, 42(5), 331–336. [in German]
24. Poletschny, H. (1990). Soil stocks as nutrient storage, leaching potential or non-interest-bearing capital investment. *Agricultural Magazine Rhineland*, 157(6), 6–12. [in German]
25. Hospodarenko, H., Prokopchuk, I., Prokopchuk, S., & Trus, A. (2018). Humus content in a podzolized chernozem after a long-term application of fertilizers in a field crop rotation. *Agronomy Research*, 16(3), 728–736. doi: 10.15159/ar.18.080
26. Kysil, V. I. (2005). Agrochemical Aspects of Ecologization in Agriculture. Kharkiv: 13 typohrafiia Publishing House. [in Ukrainian]
27. Chorna, L. V. (2000). Changes of agrophysical and physical chemical indices of podzolic chernozem fertility of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine after the long-term application of fertilizers in crop rotation (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). National Agricultural University, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
28. Svitovyi, V. M. (2002). The influence of long-term fertilization on agrochemical properties, biological activity of the podzolic chernozem and crop yields in the field crop rotation (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovskiy". Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
29. Shedey, L. O. (2005). Influence of fertilizers on humus state and nitrogen fund of podzolic chernozem and productivity of crop rotation at conventional and saving-re-source systems of agriculture (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovskiy". Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian]
30. Polovyi, V. M. (2006). Agroecological monitoring and soil fertility reproduction in North-West Part of Ukraine (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). National Agricultural University, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]

Содержание и баланс гумуса в почве при различных дозах и соотношениях минеральных удобрений в полевом севообороте

Господаренко Г. Н., доктор сельскохозяйственных наук

Бойко В. П.

Прокочук И. В., кандидат сельскохозяйственных наук

Стасиневич А. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук

Уманский национальный университет садоводства

Украина, 20300, г. Умань, ул. Институтская, 1, Черкасская область

pivotbi@ukr.net

Цель. Оценить направление изменений содержания и запасов гумуса в черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом Правобережной Лесостепи при разных дозах и соотношениях минеральных удобрений в короткоротационном полевом севообороте на фоне заделки в почву нетоварной части урожая. **Методика.** Исследование проведено в полевом севообороте опытного поля Уманского национального университета садоводства с чередованием культур: озимая пшеница, кукуруза, яровой ячмень и соя. Содержание общего гумуса в почве определяли по ДСТУ 4289, а его баланс – по методике С. А. Балюка и др. (2011). **Результаты.** Прослежен баланс гумуса в почве за 2011-2018 гг. при различных дозах и соотношениях минеральных удобрений в полевом севообороте. При полном минеральном удобрении ($N_{110}P_{60}K_{80}$) в течение восьми лет содержание гумуса в слое 0–20 см чернозема по сравнению с участками без удобрений повысилось на 10 % (с 3,71 до 4,09 % в среднем по четырем полям севооборота). В слое почвы 20-40 см изменения были недостоверными. Наиболее уменьшились запасы гумуса в слое почвы 0–20 см в вариантах без удобрений и с внесением $P_{60}K_{80}$ и $N_{110}K_{80}$ (на 2,0–4,2 т/га), а наибольшее повышение запасов гумуса в указанном слое почвы по сравнению с исходным уровнем отмечено в вариантах опыта с внесением $N_{110}P_{60}K_{80}$ и $N_{110}P_{60}K_{40}$ (соответственно на 6,9 и 5,8 т/га). **Выводы.** Направление процессов почвообразования и уровень плодородия почвы зависят от видов, доз и соотношений удобрений. Наибольшие потери гумуса в слое почвы 0–20 см произошли на участках без удобрений (на 3 %) и в варианте опыта $N_{110}K_{80}$ (на 4 %). Системы удобрения $N_{55}P_{30}K_{40}$ и $N_{110}P_{30}K_{40}$, $N_{110}P_{30}K_{80}$ в целом обеспечивают восстановление гумуса в слое почвы 0-40 см, но наибольший рост гумусованности почвы наблюдали в вариантах опыта $N_{110}P_{60}K_{80}$ и $N_{110}P_{60}K_{40}$, при которых запасы гумуса увеличились на 6,4–8,1 т/га. Нетоварная часть урожая в составе растительной массы, поступающей в почву после уборки урожая сельскохозяйственных культур, составляет 47–51 % в зависимости от удобрения и является важным источником восстановления содержания гумуса.

Ключевые слова: содержание и баланс гумуса, дозы и соотношения минеральных удобрений, полевой севооборот, нетоварная часть урожая

Humus content and balance in the soil with different doses and ratios of mineral fertilizers in field crop rotation

Hospodarenko H. M., Doctor of Agricultural Sciences

Boiko V. P.,

Prokopchuk I. V., Candidate of Agricultural Sciences

Stasinievych O. Yu., Candidate of Agricultural Sciences

Uman National University of Horticulture

1, Instyutyska St., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine

pivotbi@ukr.net

Purpose. To evaluate direction of content change in humus content and reserves in podzolized hard-loam chernozem of the Right Bank Forest-Steppe with different doses and ratios of mineral fertilizers in short crop rotation against the background of ploughing non-commodity part of the crop. **Methods.** The research was conducted in crop rotation of experimental field of the Uman National University of with the following alternating crops: winter wheat, corn, spring barley, and soybean. The total humus content in the soil was determined in accordance with the State Standard 4289 and its balance according to Baliuk S. A. et al. (2011) **Results.** It has been monitored the balance of humus in the soil for 2011–2018 at various doses and ratios of mineral fertilizers in field crop rotation. With full mineral fertilizer ($N_{110}P_{60}K_{80}$) for eight years, the humus content in the 0–20 cm layer of chernozem increased by 10 % compared with the areas with no fertilizers (from 3.71 to 4.09 % on average in four fields of crop rotation). In the soil layer of 20–40 cm, the changes were unreliable. The humus reserves in the 0–20 cm layer of soil have most decreased with no fertilizers and under $P_{60}K_{80}$ and $N_{110}K_{80}$ fertilization (by 2.0–4.2 t/ha), and the most increase in humus reserves in this soil layer as compared to the initial level was noted in variants of the experiment with $N_{110}P_{60}K_{80}$ and $N_{110}P_{60}K_{40}$ fertilization (by 6.9 and 5.8 t/ha, respectively). **Conclusions.** The direction of soil formation processes and the level of soil fertility depend on fertilizer types, doses, and ratios. The most humus loss in the soil layer of 0–20 cm occurred in areas with no fertilizers (by 3 %) and in the experiment variant $N_{110}K_{80}$ (by 4 %). The $N_{55}P_{30}K_{40}$, $N_{110}P_{30}K_{40}$, and $N_{110}P_{30}K_{80}$ fertilizer systems generally provide for the restoration of humus content in soil layer of 0–40 cm, but the most increase in soil humus content was observed in the experiment variants $N_{110}P_{60}K_{80}$ and $N_{110}P_{60}K_{40}$ at which humus reserves increased by 6.4–8.1 t/ha. Non-commodity part of the crop in plant mass composition entering the soil after harvesting crops is 47–51 % depending on the fertilizer and is an important source of restoring the humus content.

Key words: *humus content and balance, dose and ratio of mineral fertilizers, field crop rotation, crop residues, non-commodity part of the crop*