

НАКОПИЧЕННЯ ПІСЛЯЖНИВНИХ РЕШТОК У ҐРУНТІ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН

Досліджено вплив короткоротаційних сівозмін і систем удобрення на нагромадження органічних речовин орного шару чорнозему типового глибокого малогумусного.

Встановлено, що зерно-просапна спеціалізована і зерно-просапна сівозмінні, які на 30 і 20 % насичені соняшником, нагромаджували найбільшу кількість рослинних решток, всього надійшло у ґрунт 31,83 і 30,45 т, а на 1 га сівозмінної площі – відповідно 6,36 і 6,09 т.

Застосування гірчиці білої на сидерат впродовж років досліджень формувало надземну масу, що корелює з кількістю підземної. За плодозмінної сівозмінні сидеральної маси надійшло 3,09 т, за зерно-просапної – 3,06 т, зерно-просапної спеціалізованої – 2,92 т, за просапної – 2,66 т повітряно-сухої органічної маси.

Доведено, що із застосуванням мінеральної системи удобрення кількість післяжнивних решток за вирощування сої становила 2,92 т/га, пшениці озимої – 8,01 т/га, соняшнику – 3,93 т/га, ячменю – 4,60 т/га, кукурудзи – 9,63 т/га, що відповідно на 0,66 т/га сої, 2,37 т/га пшениці озимої, 1,21 т/га соняшнику, 0,91 т/га ячменю, 3,6 т/га кукурудзи більше, ніж у варіанті без добрив. Менша кількість рослинних решток нагромаджувалася на фоні орґано-мінеральної системи удобрення: в агроценозі сої – 2,81 т/га, пшениці озимої – 7,39 т/га, соняшнику – 3,81 т/га, ячменю – 4,36 т/га, кукурудзи – 7,88 т/га.

Загальна кількість новоутвореного гумусу в зерно-просапній сівозміні становила 12,38 т/га, з них 9,40 т/га зазнали мінералізації, баланс органічної речовини позитивний і становить 0,59 т на 1 га сівозмінної площі.

Розрахунки балансу гумусу за просапної сівозмінні засвідчили, що загальна кількість новоутвореного гумусу становить 10,96 т/га, з них 9,85 т/га зазнали мінералізації. Вирощування у просапній сівозміні гороху, соняшнику і кукурудзи призводило до від'ємного балансу органічної речовини ґрунту, що становило відповідно 0,75; 0,65 і 0,17 т/га. Важливо відзначити, що в агроценозі пшениці озимої і соняшнику, попередником якого була пшениця озима, рівень утворення гумусу був позитивним та становив відповідно 0,65 і 1,60 т/га.

Вищі показники за рівнем збагачення ґрунту на гумус виявилися за плодозмінної сівозмінні (+0,42 т/га), зерно-просапної – (+0,59 т/га),

зерно-просапної спеціалізованої – (+0,47 т/га), просапної – (+0,22 т/га).

Ключові слова: органічна речовина, органічні добрива, баланс гумусу, кореневі та післяжнивні рештки, сівозміна.

Mykhailo Voitovyk

Bila Tserkva National Agrarian University

Accumulation of post-harvest residues in the soil in short rotation crop rotations

The influence of short-rotational crop rotations and fertilization systems on the accumulation of organic substances in the arable layer of a typical deep low-humus chernozem was studied.

It was established that under specialized grain-rowing and grain-rowing crop rotations, which were by 30 and 20 % saturated with sunflower, accumulated the largest amount of plant remains. Totally entered the soil 31.83 and 30.45 t, and per 1 ha of the crop rotation area – 6.36 and 6.09 t respectively.

The application of white mustard as a siderate over the years of research formed the above-ground mass, which correlates with the amount of underground. During the crop rotation, 3.09 tons of siderate mass was received, by the grain-rowing crop rotation – 3.06 tons, specialized grain-rowing crop rotation – 2.92 tons, and for row-rowing crop rotation – 2.66 tons of air-dry organic mass.

It was proved that the application of the mineral fertilization system resulted in the amount of post-harvest residues for growing soybeans – 2.92 t/ha, winter wheat – 8.01 t/ha, sunflower – 3.93 t/ha, barley – 4.60 t/ha, corn – 9.63 t/ha, which is, respectively, 0.66 t/ha of soybeans, 2.37 t/ha of winter wheat, 1.21 t/ha of sunflower, 0.91 t/ha of barley, 3.6 t/ha ha of corn more than in the version without fertilizers. A smaller amount of plant residues accumulated on the background of the organo-mineral fertilization system, in the agrocnosis of soybeans – 2.81 t/ha, winter wheat – 7.39 t/ha, sunflower – 3.81 t/ha, barley – 4.36 t/ha, corn – 7.88 t/ha.

The total amount of newly formed humus in grain-row crop rotation was 12.38 t/ha, of which 9.40 t/ha underwent mineralization, the balance of organic matter is positive and amounts to 0.59 t per 1 ha of crop rotation area.

Calculations of the humus balance for row crop rotation showed that the total amount of newly formed humus is 10.96 t/ha, of which 9.85 t/ha underwent mineralization. Growing peas, sunflowers, and corn in a row rotation led to a negative balance of soil organic matter, which was 0.75; 0.65 and 0.17 t/ha, respectively. It is important to note that in the agrocnosis of winter wheat and sunflower, the predecessor of which was winter wheat, the level of humus formation was positive and was, respectively, 0.65 and 1.60 t/ha.

The highest indicators of the level of soil enrichment by humus were found in crop rotation, which was (+0.42 t/ha), grain-row rotation – (+0.59 t/ha), specialized grain-row crop rotation – (+0.47 t/ha), row crop rotation – (+0.22 t/ha).

Keywords: organic matter, organic fertilizers, humus balance, root and post-harvest residues, crop rotation.

Вступ. Однією з найважливіших властивостей ґрунту є його родючість, яка формується в процесі ґрунтоутворення й

характеризується сукупністю всіх його показників. Оптимальні умови росту і розвитку рослин забезпечуються завдяки всьому комплексу фізичних, агрохімічних, біологічних властивостей ґрунту, які зазнають значного антропогенного впливу [4].

Органічні речовини ґрунту і їхня основна складова – гумус – є важливими показниками його родючості. Гумус позитивно впливає на агрофізичні властивості ґрунту: збільшується кількість структурних агрегатів, зокрема і водотривких, орний шар має оптимальну будову і щільність, підвищується його водопроникність та вологоємність, ґрунт стає стійкішим проти ерозії [8–10, 12, 20, 21]. Органічні речовини ґрунту утворюються внаслідок розкладання рослинних решток під дією ґрунтових ферментів, мікроорганізмів та мезофауни, що використовують ці рештки як будівельний і енергетичний матеріал [27].

На думку низки вчених, швидкість наростання гумусового шару впродовж 100 років не перевищує 3,5–4,4 мм, для підвищення вмісту гумусу на 0,1 % потрібно щонайменше 15–20 років. В Україні середньорічні втрати гумусу на чорноземних ґрунтах становлять 0,5–0,7 т/га [2, 11]. Це зумовлено зростанням питомої ваги у структурі посівних площ сояшнику, буряків цукрових, скороченням площ під багаторічними травами, зменшенням кількості внесених органічних добрив. Для запобігання зменшенню запасів гумусу та зниженню родючості ґрунтів потрібно контролювати гумусний стан чорноземів, здійснювати обґрунтовані заходи із відновлення та підвищення родючості ґрунтів, не допустити зниження вмісту гумусу [3, 22, 29].

На сьогодні у зв'язку із зменшенням застосування органічних добрив у сільському господарстві зростає використання післяжнивних решток як джерела поповнення органічної речовини у ґрунті. Від загальної кількості післяжнивних решток та терміну їх розкладання значною мірою залежить не лише родючість ґрунту (за рахунок запасів органіки, азоту, зольних елементів живлення рослин), а й урожайність культур сівозміни [1, 18, 28].

Нагромадження рослинних решток у ґрунтах зумовлюється видовим складом, розміщенням та співвідношенням культур у сівозміні. Змінюючи співвідношення площі під різними рослинами, можна певною мірою збільшувати надходження свіжої органічної речовини у ґрунт з рослинними рештками. Варто зазначити, що рослинні рештки містять значну кількість елементів живлення, які можуть використовувати наступні культури сівозміни [24].

Одним з чинників підвищення родючості і продуктивності чорноземів типових глибоких є розроблення системи землеробства з

використанням соломи злакових та бобових культур, стебел кукурудзи і соняшнику, післяжнивних кореневих решток, помірних доз мінеральних добрив у поєднанні з органічними, освоєнням сівозміни з багаторічними травами.

Для розрахунку балансу гумусу в різних сівозмінах було використано метод з врахуванням статті витрат і надходження органічно зв'язаного вуглецю в орному ґрунті, який інтенсивно використовують [6]. Зміни в запасах і балансі гумусу в досліді визначали після закінчення другої ротації сівозміни як під окремими культурами, так і в середньому на гектар сівозміної площі.

Метою досліджень було визначити кількість післяжнивних кореневих решток і новоутвореного гумусу в ґрунті короткоротаційних сівозмін.

Матеріали і методи. Дослідження виконували впродовж 2012–2021 рр. на чорноземі типовому глибокому малогумусному дослідного поля Білоцерківського НАУ. У досліді вивчали чотири п'ятищільні короткоротаційні сівозміни (табл. 1). Досліджували чотири системи удобрення: без застосування добрив; органічна – мінеральні добрива не застосовували, вносили на 1 га ріллі 11 т органічних добрив, із них 8 т гною і 3 т – маса сидеральних культур, побічна продукція у перерахунку на гній. Система органічного удобрення розрахована на надходження у ґрунт органічних добрив 11 т/га сівозміної площі за рахунок внутрішніх ресурсів господарства. За орґано-мінеральної системи удобрення обрано природні органічні добрива (11,5 т/га, із них 8 т гною і 3,5 т – побічна продукція, маса сидеральних культур у перерахунку на гній), використання мінеральних добрив у сівозмінах: плодозмінній у нормі 110 кг/га $N_{27}P_{38}K_{45}$, зерно-просапній у нормі 116 кг/га – $N_{38}P_{40}K_{38}$, зерно-просапній спеціалізованій у нормі 122 кг/га – $N_{44}P_{37}K_{41}$, просапній сівозміні в нормі 103 кг/га – $N_{39}P_{33}K_{31}$. У варіантах мінеральної системи удобрення пріоритетними стали: мінеральні добрива із внесенням у всіх сівозмінах 8 т гною і в плодозмінній сівозміні 222 кг діючої речовини мінеральних добрив – $N_{68}P_{72}K_{82}$, зерно-просапній – 240 кг д. р. мінеральних добрив – $N_{84}P_{76}K_{80}$, зерно-просапній спеціалізованій сівозміні – 245 кг д.р. мінеральних добрив – $N_{87}P_{75}K_{83}$, у просапній – 234 кг д.р. – $N_{68}P_{82}K_{84}$.

Повторність у досліді триразова. Повторення розміщено на площі (території) суцільно, систематично, варіанти удобрення розміщено послідовно в чотири яруси. Площа елементарних ділянок: посівна 171 м², облікова – 112 м². Площа одного поля сівозміни (без захисних смуг) – 7835,5 м².

Середньорічна кількість опадів – 500–550 мм, більша частина яких випадає з квітня до вересня. Середня температура літку 20,5 °С. Вміст гумусу в орному шарі – 3,8 %, легкогідролізного азоту – 110, рухомих сполук фосфору і калію – відповідно 120 і 110 мг/кг ґрунту.

Втрати гумусу з ґрунту розраховували за виносом ґрунтового азоту вирощуваних культур. За розрахунку гумусового балансу приймали, що 60 % азоту, який виносять із ґрунту культури, гумусового походження, тобто це азот гумусу.

Оскільки вміст азоту в гумусі становить приблизно 5 %, множенням показника витрати ґрунтового азоту на 20 розраховували мінералізацію гумусу, враховуючи гранулометричний склад ґрунту і вид досліджуваної культури [13].

Для оцінки балансу гумусу в ґрунті польових сівозмін із застосуванням систем удобрення використовували методику розрахунку Г. Я. Чесняка [19].

Кількість рослинних решток у ґрунті визначали методом Станкова в період збирання врожаю шляхом відбору монолітів на глибині 0–30 см з наступною відмивкою на ситі з діаметром отворів 1,00 мм. Розрахунок кількості надземних пожнивних решток проводили до висоти зрізу рослин (10–15 см). Зрізану побічну продукцію (солому зернових і зернобобових, стебла кукурудзи, соняшнику, гичку буряків цукрових) заробляли у ґрунт. Після збору пшениці проводили підготовку ґрунту до сівби гірчиці білої на сидеральну масу. У кінці вересня – на початку жовтня післяжнивні посіви гірчиці на всіх варіантах заробляли у ґрунт. Щорічно після збирання пшениці озимої в усіх сівозмінах восени вносили гній у нормі 40 т/га. У жовтні здійснювали закладання польового досліду за варіантами і повтореннями.

Результати та обговорення. Нині перспективним стає використання побічної продукції як органічних добрив (соломи, гички, рослинних залишків), сидератів [24, 26], а також елементів «тихих технологій»: гумусних, мікробіологічних.

За кількістю нагромаджених у чорноземі типовому рослинних решток перевага була за зерно-просапною спеціалізованою і зерно-просапною сівозміною, які відповідно на 30 і 20 % насичені соняшником (табл. 1). У них всього надійшло у ґрунт рослинних решток 31,83 і 30,45 т, а на 1 га ріллі – відповідно 6,36 і 6,09 т. Найнижча кількість післяжнивних решток нагромаджувалася у просапній сівозміні з 40 % соняшнику, де всього післяжнивні рештки становили 26,35 т, а на 1 га сівозмінної площі – 5,27 т.

1. Нагромадження рослинних решток в 0-30 см шарі ґрунту у сівозмінах абсолютноно сухій речовині (2012-2021 рр.), т/га

Номер поля	Плодозмінна			Зернопросапна			Зернопросапна спеціалізована			Просапна						
	Чергування культури	кореневі	поверхневі	Чергування культури	кореневі	поверхневі	Чергування культури	кореневі	поверхневі	Чергування культури	кореневі	поверхневі	Всього			
1	Люцерна	4,44	0,94	5,38	Соя	1,72	0,93	2,65	Гречка	1,76	1,11	2,87	Горох	2,1	1,14	3,21
	Пшениця озима	4,19	2,79	6,98	Пшениця озима	4,12	2,76	6,88	Пшениця озима	3,84	2,63	6,47	Пшениця озима	4,3	2,82	7,0
2	Гірчиця біла	1,88	1,21	3,09	Гірчиця біла	1,86	1,20	3,06	Гірчиця біла	1,72	1,20	2,92	Гірчиця біла	1,6	1,05	2,6
	Буряки цукрові	3,03	0,48	3,51	Соняшник	2,92	0,40	3,32	Кукурудза	5,7	1,36	7,06	Соняшник	2,7	0,39	3,1
3	Соняшник	3,27	0,41	3,68	Ячмінь	2,60	1,58	4,18	Соняшник	2,69	0,40	3,09	Ячмінь	2,38	1,47	3,85
	Гречка	1,80	1,13	2,93	Гірчиця біла	1,68	1,10	2,78	Гірчиця біла	1,65	1,08	2,73	Гірчиця біла	1,65	1,08	2,73
4	Ячмінь	2,76	1,67	4,43	Кукурудза	6,20	1,48	7,68	Соняшник	2,46	0,38	2,84	Соняшник	2,5	0,39	2,9
	Всього	21,3	8,6	30,0	Всього	21,1	9,45	30,4	Всього	22,2	9,63	31,8	Всього	19,1	7,21	26,3
5	На 1 га ріллі	4,27	1,72	6,0	На 1 га ріллі	4,22	1,89	6,09	На 1 га ріллі	4,44	1,92	6,36	На 1 га ріллі	3,8	1,44	5,27
	Кукурудза				Кукурудза				Кукурудза				Кукурудза			

Примітка: НР₀₅ кореневі рештки – 0,33; НР₀₃ поверхневі – 1,02; НР₀₅ всього – 0,52.

У плодозмінній сівозмінні, де соняшник займає 10 % посівної площі, всього надійшло кореневих післяжнивних решток 21,37 т, поверхневих – 8,6, а на 1 га ріллі – відповідно 4,27 і 1,72.

У плодозмінній сівозміні, де соняшник займає 10 % посівної площі, всього надійшло кореневих післяжнивних решток 21,37 т, поверхневих – 8,6, а на 1 га ріллі – відповідно 4,27 і 1,72.

У сівозмінах вирощували культури проміжних посівів на зелене добриво та заробляли побічну продукцію основних, що складають важливу статтю додаткового надходження органічних речовин до орного шару ґрунту.

Використання гірчиці білої на сидерат впродовж років досліджень формувало надземну масу, що корелює з кількістю підземної.

Встановлено істотно сильний зв'язок між урожайністю культур зерно-просапної сівозміни і рослинними рештками, коефіцієнт кореляції $r=0,94\pm 0,07$, рівняння регресії $Y=1,1062x+0,8469$. Відзначено неістотно середній кореляційний зв'язок між надходженням рослинних решток і вмістом гумусу в шарі ґрунту 0–30 см, коефіцієнт кореляції $r=0,65\pm 0,53$, рівняння регресії $Y=0,3172x+6,0845$.

За плодозмінної сівозміни сидеральної маси надійшло 3,09 т, за зерно-просапної – 3,06 т, зерно-просапної спеціалізованої – 2,92 т, за просапної – 2,66 т повітряно-сухої органічної маси.

Загальна величина рослинних решток деякою мірою залежить від розміщення культур у сівозмінах. Так, найбільшу масу решток пшениці озимої зафіксовано у просапній сівозміні за сівби її після гороху – 7,08, у плодозмінній сівозміні після люцерни – 6,98 т, у зерно-просапній – 6,88 т.

Невеликі обсяги післяжнивних решток залишають у ґрунті сільськогосподарські культури із слабкою кореневою системою, зокрема соя, після якої їх маса становила 2,65 т, а також гречка – 2,87 т/га.

Найбільше нагромадження органічних решток в орному шарі ґрунту відбулося у зерно-просапній спеціалізованій сівозміні – 6,36 т на 1 га сівозмінної площі, найменша кількість органічних решток надійшла за просапної сівозміни – 5,27 т на гектар ріллі.

Джерелом поповнення гумусу в орних землях є різного виду органічні добрива: гній, компости, торф, зелені добрива, солома та ін. Поряд із органічними добривами ще одну групу органічних речовин, які надходять до ґрунту, складають кореневі і післяжнивні рештки сільськогосподарських культур. Органічні рештки не можна розглядати лише як джерело елементів мінерального живлення,

оскільки за умов інтенсивного землеробства на перший план виступають інші важливі його функції, зокрема забезпечення сприятливих фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту [25, 30].

При розкладанні кореневих та післяжнивних решток зернових культур, у зв'язку з відносно низьким вмістом у їхньому складі азоту, процеси мінералізації переважають над процесами гуміфікації, оскільки безазотні гумусові сполуки нестійкі і досить швидко мінералізуються. Встановлено, що для кореневих решток пшениці озимої коефіцієнт гуміфікації знаходиться в межах 0,15–0,18 (C : N = 35–40 : 1), для соломи – близько 0,10 (C : N = 80 : 1). За рахунок широкого співвідношення у соломі C : N за період її розкладання, мікроорганізми споживають азот мінеральних сполук із ґрунту [14, 16]. Окрім цього, інтенсивність розкладання рослинних залишків суттєво залежить від кількості лігніну, біохімічного складу кожної культури. За осінньо-зимовий період найінтенсивніше розкладалися рештки буряків цукрових – 89–92 %, повільно – залишки багаторічних трав (люцерни) – 23–33 % [15, 28].

Заробляння побічної продукції у ґрунт, внесення гною, мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості післяжнивних решток у зерно-просапній сівозміні (табл. 2).

2. Нагромадження рослинних решток в 0–30 см шарі ґрунту зернопросапної сівозміни залежно від системи удобрення (2012-2021 рр.), т/га

Система удобрення	Рослинні рештки в абсолютно сухій речовині, т/га		
	кореневі	поверхневі	разом
1	2	3	4
Соя			
Без добрив	1,50	0,76	2,26
Органічна	1,68	0,91	2,59
Органо-мінеральна	1,82	0,99	2,81
Мінеральна	1,89	1,03	2,92
Пшениця озима			
Без добрив	3,27	2,37	5,64
Органічна	3,84	2,63	6,47
Органо-мінеральна	4,47	2,92	7,39
Мінеральна	4,90	3,11	8,01
Соняшник			
Без добрив	2,34	0,38	2,72

1	2	3	4
Органічна	2,69	0,40	3,09
Органо-мінеральна	3,39	0,42	3,81
Мінеральна	3,50	0,43	3,93
Ячмінь			
Без добрив	2,28	1,41	3,69
Органічна	2,50	1,53	4,03
Органо-мінеральна	2,71	1,65	4,36
Мінеральна	2,87	1,73	4,60
Кукурудза			
Без добрив	4,87	1,16	6,03
Органічна	5,78	1,38	7,16
Органо-мінеральна	6,36	1,52	7,88
Мінеральна	7,7	1,86	9,63

Щодо накопичення рослинних решток культурами в сівозміні за різних систем удобрення, слід відзначити, що заробка побічної продукції попередника сприяла збільшенню обсягу рослинних решток порівняно з варіантами без внесення добрив.

Із застосуванням мінеральної системи удобрення кількість післяжнивних решток за вирощування сої становила 2,92 т/га, пшениці озимої – 8,01 т/га, сояшнику – 3,93 т/га, ячменю – 4,60 т/га, кукурудзи – 9,63 т/га, що відповідно на 0,66 т/га сої, 2,37 т/га пшениці озимої, 1,21 т/га сояшнику, 0,91 т/га ячменю, 3,6 т/га кукурудзи більше, ніж у варіанті без добрив.

Застосування органічної та органо-мінеральної систем удобрення сприяло накопиченню мінерального азоту в орному шарі чорнозему типового. Внесення лише мінеральних добрив посилює мінералізацію азоту ґрунту, про що свідчить збільшення вмісту аміачного азоту та зменшення – нітратного на 61,7 % порівняно з контролем [5].

Менша кількість рослинних решток нагромаджувалася на тлі органо-мінеральної системи удобрення: в агроценозі сої 2,81 т/га, пшениці озимої – 7,39 т/га, сояшнику – 3,81 т/га, ячменю – 4,36 т/га, кукурудзи – 7,88 т/га.

Кореневі, післяжнивні рештки, побічна продукція (солома, стебла) та зелена маса гірчиці білої є важливим джерелом поповнення потрібних для живлення рослин поживних речовин. За рахунок біомаси сидератів, соломи і стебел зернових та олійних культур до орного шару ґрунту надходить така ж кількість органічної маси, як після вирощування основних культур сівозміні.

Варто відзначити, що різниця між системами удобрення за кількістю післяжнивних решток у сівозміні на користь органіко-мінеральної порівняно з органічною є мінімальною, вона становить у сої 0,22 т/га, пшениці озимої – 0,92 т/га, соняшнику – 0,72 т/га, ячменю – 0,33 т/га, кукурудзи – 0,72 т/га.

Залишення нетоварної частини врожаю на полі впродовж тривалого застосування різних норм удобрення в польовій сівозміні забезпечуватиме формування додатного балансу гумусу в чорноземі типовому. Застосування мінеральної системи удобрення в польовій сівозміні забезпечувало б додатний баланс гумусу при залишенні на полі не менше 70 %, за органічної – не менше 30, а за органіко-мінеральної системи удобрення – не менше 50 % нетоварної частини врожаю [17, 29].

Наші розрахунки балансу гумусу в плодозмінній сівозміні показали, що внесення гною в нормі 40 т/га, заробляння побічної продукції (солома пшениці, ячменю, стебел кукурудзи і соняшнику), а також вирощування гірчиці білої на сидерат забезпечило впродовж 10 років нагромадження новоутвореного гумусу 2,07 т/га, а мінералізувалося – 1,64 на гектар сівозмінної площі (табл. 3). Додатний баланс гумусу відзначено в усіх полях сівозміні. Баланс гумусу в середньому у плодозмінній сівозміні позитивний, що становить 0,42 т/га.

3. Утворення гумусу в сівозмінах чорнозему типового на 1 га сівозмінної площі (2012–2021 рр.), т/га

Сівозміна	Утворилося гумусу					Мінералізувалося гумусу	Баланс гумусу, ±
	з рослинних решток	з соломи, стебел	із сидератів та гички	з гною	всього		
Плодозмінна	1,14	0,29	0,17	0,46	2,06	1,64	+0,42
Зерно-просапна	1,14	0,68	0,19	0,46	2,47	1,88	+0,59
Зерно-просапна спеціалізована	0,92	0,63	0,18	0,46	2,99	1,73	+0,47
Просапна	0,80	0,67	0,084	0,46	2,19	1,97	+0,22

Розрахунки балансу гумусу в зерно-просапній сівозміні показали, що загальна кількість новоутвореного гумусу становить 12,38 т/га, з них 9,40 т/га зазнали мінералізації, баланс органічної речовини позитивний і становить 0,59 т на 1 га сівозмінної площі. У

сівозміні зазнали мінералізації поля сої – 1,62 т/га, кукурудзи – 2,9 т/га. Найвищі показники за рівнем збагачення ґрунту на гумус виявилися в полях пшениці озимої, сояшнику, ячменю, де надійшла найбільша кількість органічних решток за рахунок гною, рослинних і післяжнивних решток, соломи і сидерату.

Загальна кількість новоутвореного гумусу в зерно-просапній спеціалізованій сівозміні становить 11,03 т/га, 8,66 т/га зазнала мінералізації, баланс органічної речовини гумусу позитивний і становить 0,47 т на 1 га сівозмінної площі.

Відновлення родючості чорноземів має ґрунтуватися на забезпеченні бездефіцитного балансу гумусу та елементів живлення, тобто як мінімум стабілізації їх умісту і запасів [7].

Позитивний баланс органічної речовини відзначено в агроценозах кукурудзи – 2,19 т/га, пшениці озимої – 0,63, ячменю – 0,66 т/га, гречки – 0,53 т/га. В агроценозах сояшнику значна частина гумусу піддається мінералізаційним процесам.

Розрахунки балансу гумусу за просапної сівозміні засвідчили, що загальна кількість новоутвореного гумусу становить 10,96 т/га, з них 9,85 т/га зазнали мінералізації. Вирощування у просапній сівозміні гороху, сояшнику і кукурудзи призводило до від'ємного балансу органічної речовини ґрунту, що становило відповідно 0,75; 0,65 і 0,17 т/га. Важливо відзначити, що в агроценозі пшениці озимої і сояшнику, попередником якого була пшениця озима, рівень утворення гумусу був позитивним та становив відповідно 0,65 і 1,60 т/га.

Вищі показники за рівнем збагачення ґрунту на гумус виявилися у зерно-просапній сівозміні, що становило +0,59 т/га, зерно-просапній спеціалізованій – (+0,47 т/га), плодозмінній – (+0,42 т/га). У цих сівозмінах надійшла найбільша кількість органічних речовин за рахунок рослинних і післяжнивних решток, соломи, сидерату, гною. За просапної сівозміні надійшло 0,22 т/га органічних речовин, що менше на 62,7 % ніж за зерно-просапної. Пояснюється це тим, що у просапній сівозміні, де вирощували два поля сояшнику та одне поле кукурудзи, відбулися найбільші мінералізаційні процеси в ґрунті.

Висновки. Найбільше накопичення органічних решток у шарі ґрунту 0–30 см відбулося за зерно-просапної спеціалізованої сівозміні – 6,36 т на 1 гектар сівозмінної площі, найменша кількість органічних решток надійшла за просапної сівозміні – 5,27 т на гектар ріллі.

Вирощування культур у сівозміні за органічної та органо-мінеральної систем удобрення, використання побічної продукції

приводить до збільшення кількості рослинних решток та, як наслідок, до поповнення органічної речовини порівняно з варіантом без застосування добрив.

Вищі показники за рівнем збагачення ґрунту на гумус виявилися за плодозмінної сівозміни, що становило +0,42 т/га, зерно-просапної – (+0,59 т/га), зерно-просапної спеціалізованої – (+0,47 т/га), просапної – (+0,22 т/га).

Список використаної літератури

1. Балаєв А. Д., Гаврилук М. В., Стопа В. П. Родючість чорноземів Лісостепу за використання мінімізації обробітку ґрунту і елементів біологізації землеробства. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. № 1. С. 8–11.

2. 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.

3. Булигін С. Ю., Дегтярьов В. В., Кронін С. В. Гумусовий стан чорноземів України. *Вісник аграрної науки*. 2007. № 2. С. 13–16.

4. Вплив екологізованих систем удобрення на родючість сірого лісового ґрунту та врожайність пшениці озимої / О. Л. Дубицький та ін. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 9. С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202109-08>.

5. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорнозему типового / Є. В. Скрильник та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвід. темат. наук. зб. 2019. Вип. 88. С. 74–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-10>.

6. Гумусний стан чорнозему типового за різних способів обробітку в агроценозах Лівобережного Лісостепу / О. В. Демиденко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 4. С. 58–62.

7. Гумусованість і фізико-хімічні властивості чорноземів Лісостепу за мінімізації обробітків і біологізації системи

References

1. Balaiev A. D., Havryliuk M. V., Stopa V. P. Fertility of chomozems of the Forest-Steppe using minimization of tillage and elements of biologization of agriculture. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2013. No. 1. P. 8–11.

2. Bohdanovych R. P., Oliinyk V. S. The effect of the income of plant residues of short-rotation crops on the content of mobile humic substances in the typical light-loamy chornozem of the Right-Bank Forest-Steppe. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2014. Issue 21. P. 20–24.

3. Bulyhin S. Yu., Dehtiarov V. V., Kronin S. V. Humus condition of chornozems of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2007. No. 2. P. 13–16.

4. The influence of environmentally friendly fertilization systems on the fertility of gray forestal soil and the yield of winter wheat / O. L. Dubytskyi et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. No. 9. P. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202109-08>.

5. The influence of fertilization systems on organic matter and agrochemical indicators of typical chornozem / Ye. V. Skrylnyk et al. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2019. Issue 88. P. 74–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-10>.

6. The humus state of typical chornozem under different cultivation methods in the agrocenoses of the Left-Bank Forest-Steppe / O. V. Demydenko et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2014. No. 4. P. 58–62.

7. Humus content and physico-

удобрення / А. Д. Балаєв та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 11. С. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-03>.

8. Доєнко О. В. Гумусний стан чорнозему типового під впливом тривалого внесення добрив. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 75–76.

9. Євтушенко Т. В., Тонха О. Л. Уміст і запаси гумусу залежно від удобрення і обробітку чорнозему типового. *Науковий вісник НУБіП України*. 2017. № 269. С. 168–176.

10. Мазур Г. А. Продуктивність агроценозу як функція рівня відтворення родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 12. С. 75–76.

11. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / М. В. Присяжнюк та ін. ; Міністерство аграрної політики України та ін. Київ, 2010. 112 с.

12. Піковська О. В., Вітвіцька О. І. Вплив застосування соломи на показники родючості чорнозему типового. *Науковий вісник НУБіП України. Серія : Агрономія*. 2016. Вип. 235. С. 160–166.

13. Попов П. Д., Хохлов В. Ю., Егоров А. А. Органическое удобрение : справочник. Москва : Агропромиздат, 1988. С. 18–21.

14. Сівозміни у землеробстві України / за ред. Сайка В. Ф., Бойка П. І. Київ : Аграрна наука, 2002. 146 с.

15. Ступенко О. В. Вплив внесення соломи і сидератів на баланс азоту мінеральних добрив і продуктивність культур. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 4. С. 23–26.

16. Ткачук В. П., Трофименко П. І. Вміст гумусу за різного використання дерново-підзолистого супіщаного ґрунту та обсяги емісійних втрат CO₂. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 2 (84). DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.007>

17. Центило Л. В. Параметри вмісту гумусу в чорноземі типовому залежно від агровиробничого використання. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 2 (78). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.0>

chemical properties of Forest-Steppe chernozems with minimization of tillage and biologization of the fertilization system / A. D. Balaiev et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No. 11. P. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-03>.

8. Dotsenko O. V. The humus condition of typical chernozem under the influence of long-term fertilization. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2012. No. 12. P. 75–76.

9. Yevtushenko T. V., Tonkha O. L. The content and reserves of humus, depending on the fertilization and processing of typical chernozem. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. 2017. No. 269. P. 168–176.

10. Mazur H. A. Productivity of agroecosis as a function of the level of reproduction of soil fertility. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2012. No. 12. P. 75–76.

11. National report on the state of soil fertility in Ukraine / M. V. Prysiazhniuk et al. ; Ministerstvo ahrarnoi polityky Ukrainy et al. Kyiv, 2010. 112 p.

12. Pikovska O. V., Vitvitska O. I. The influence of the use of straw on the fertility indicators of typical chernozem. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriya : Ahronomiia*. 2016. Issue 235. P. 160–166.

13. Popov P. D., Khokhlov V. Yu., Ehorov A. A. Organic fertilizer : a handbook. Moscow : Agropromizdat, 1988. P. 18–21.

14. Crop rotations in agriculture of Ukraine / za red. Saika V. F., Boika P. I. Kyiv : Ahrarna nauka, 2002. 146 p.

15. Stupenko O. V. The influence of straw and siderates on the nitrogen balance of mineral fertilizers and the productivity of crops. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2005. No. 4. P. 23–26.

16. Tkachuk V. P., Trofymenko P. I. Humus content for different uses of sod-podzolic sandy soil and volumes of CO₂ emission losses. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2020. No. 2 (84). DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.007>.

17. Tsentylo L. V. Parameters of humus content in typical chernozem depending on agricultural use.

17. Цилорик О. І. Накопичення післяжнивних решток польових культур у ґрунті сівозміни Степу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УАН»*. 2007. Вип. 2. С. 40–46.
18. Чесняк Г. Я., Бацула О. О., Дерев'яно Р. Г. Параметри гумусного стану ґрунтів. *Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті*. Київ : Урожай, 1987. 125 с.
19. Чумак В. С., Цилорик О. І., Федоренко І. Є. Накопичення поживно-корисних решток та продуктивність сівозмін в умовах Північного Степу. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2005. № 26/27. С. 24–28.
20. Чумак В. С. Наукове обґрунтування ефективності сівозмін і добрив в Північному Степу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.01 / Дніпр. аграр. ун-т. Д., 2001. 435 с.
21. Effect of conservation tillage on crop productivity and nitrogen use efficiency / D. Jug et al. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 194. 104327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104327>.
22. Factors controlling soil organic carbon and total nitrogen stocks following afforestation with Robinia pseudoacacia on cropland across China / Yangzhou Xiang et al. *Forest Ecology and Management*. 2021. V. 494. 119274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119274>.
23. Hai L., Li X. G., Guggenberger G. Long-term fertilization and manuring effects on physically-separated soil organic matter pools under a wheat-wheat-maize system in an arid region of China. *Soil Biology Biochemistry*. 2010. V. 42, № 2. P. 253–259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.10.023>.
24. Increasing organic stocks in agricultural soils: knowledge gaps and potential innovations / C. Chenu et al. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 188. P. 41–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.04.011>.
25. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China / Enke Liu et al. *Geoderma*. 2010. V. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2019. No 2 (78). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.017>.
26. Tsyliuryk O. I. Accumulation of post-harvest residues of field crops in the soil of the Steppe crop rotation. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN»*. 2007. Issue 2. P. 40–46.
27. Chesniak H. Ya., Batsula O. O., Derevianko R. H. Parameters of the humus condition of soils. *Zabezpechennia bezdefitsytnoho balansu humusu v gruntі*. Kyiv : Urozhai, 1987. 125 p.
28. Chumak V. S., Tsyliuryk O. I., Fedorenko I. Ye. Accumulation of crop and root residues and productivity of crop rotations in the conditions of the Northern Steppe. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva*. 2005. No. 26/27. P. 24–28.
29. Chumak V. S. Scientific substantiation of the effectiveness of crop rotations and fertilizers in the Northern Steppe of Ukraine : dissertation ... dr. agric. sciences : 06.01.01 / Dnipr. agrar. un-t. D., 2001. 435 p.
30. Effect of conservation tillage on crop productivity and nitrogen use efficiency / D. Jug et al. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 194. 104327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104327>.
31. Factors controlling soil organic carbon and total nitrogen stocks following afforestation with Robinia pseudoacacia on cropland across China / Yangzhou Xiang et al. *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 494. 119274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119274>.
32. Hai L., Li X. G., Guggenberger G. Long-term fertilization and manuring effects on physically-separated soil organic matter pools under a wheat-wheat-maize system in an arid region of China. *Soil Biology Biochemistry*. 2010. V. 42, No. 2. P. 253–259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.10.023>.
33. Increasing organic stocks in agricultural soils: knowledge gaps and potential innovations / C. Chenu et al. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 188. P. 41–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.04.011>.
34. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China / Enke Liu et al. *Geoderma*. 2010. V.

158, № 3/4. P. 173–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.029>.

27. Long-term straw management and N fertilizer rate effects on quantity and quality of organic C and N and some chemical properties in two contrasting soils in Western Canada / Sukhdev S. Malhi et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2011. V. 47, № 7. P. 785–800. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0587-8>.

28. Optimization of plant densities of dolichos (*Dolichos lablab* L. var. *lignosus*) bean in the Right-Bank of Forest-Steppe of Ukraine / I. Bobos et al. *Agronomy Research*. 2019. V. 17, Is. 6. P. 2195–2202. DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.19.223>.

29. The crop residue conundrum: Maintaining Long-term soil organic carbon stocks while reinforcing the bioeconomy, compatible endeavors / C. Andrade Diaz et al. *Applied Energy*. 2023. Vol. 329. 120192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120192>.

30. West T. O., Six J. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Climatic Change*. 2007. V. 80, № 1/2. P. 25–41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9173-8>.

and Tillage Research. 2019. Vol. 188. P. 41–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still-2018.04.011>.

26. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China / Enke Liu et al. *Geoderma*. 2010. Vol. 158, No. 3/4. P. 173–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.029>.

27. Long-term straw management and N fertilizer rate effects on quantity and quality of organic C and N and some chemical properties in two contrasting soils in Western Canada / Sukhdev S. Malhi et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2011. Vol. 47, No. 7. P. 785–800. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0587-8>.

28. Optimization of plant densities of dolichos (*Dolichos lablab* L. var. *lignosus*) bean in the Right-Bank of Forest-Steppe of Ukraine / I. Bobos et al. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17, Is. 6. P. 2195–2202. DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.19.223>.

29. The crop residue conundrum: Maintaining Long-term soil organic carbon stocks while reinforcing the bioeconomy, compatible endeavors / C. Andrade Diaz et al. *Applied Energy*. 2023. Vol. 329. 120192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120192>.

30. West T. O., Six J. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Climatic Change*. 2007. Vol. 80, No. 1/2. P. 25–41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9173-8>.

Отримано 5 січня 2023 р.
Погоджено до друку 7 лютого 2023 р.