

УДК 631.417.2:631.879.42

© 2020

БАЛАНС ГУМУСУ В ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ВАЖКОСУГЛИНКОВОМУ ПІД ВПЛИВОМ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ І КОМПОСТІВ НА ЙОГО ОСНОВІ

Є.В. Скрильник¹, В.А. Гетманенко², А.М. Кутова³, Ю.М. Товстий⁴¹доктор сільськогосподарських наук^{2, 3}кандидати сільськогосподарських наук⁴кандидат біологічних наукНаціональний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: hnu459@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-8642-8547, ²0000-0001-9021-3373, ³0000-0003-2680-566X⁴0000-0002-8206-6112

Надійшла 19.02.2020

Мета. Визначити вплив посліду і компостів на його основі на баланс гумусу в чорноземі опідзоленому. **Методи.** Польовий — для встановлення впливу органічних добрив на гумусний стан чорнозему опідзоленого, лабораторно-аналітичний — для визначення показників складу зразків ґрунту, розрахунково-порівняльний — для розрахунку балансу гумусу, математико-статистичний — для оцінки достовірності отриманих даних. **Результати.** В умовах польового дослідження вивчено вплив дії і післядії курячого посліду і компостів на його основі на баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому. Установлено, що дія та післядія компостів на основі курячого посліду сприяли збільшенню вмісту гумусу на 8 та 6% відповідно порівняно з контролем. Доведено, що за 3-річний період досліджень у шарі чорнозему опідзоленого 0–20 см вдалося досягти формування додатного балансу гумусу. Результати обчислення балансу гумусу в чорноземі опідзоленому під впливом дії курячого посліду і компостів показали, що найбільший від’ємний баланс гумусу в ґрунті був на контролі без унесення добрив — 0,24 т/га. Додатний баланс гумусу 0,8 т/га в чорноземі опідзоленому сформовано під впливом курячого посліду і компостів. Прямого впливу післядії посліду і компостів на баланс гумусу в чорноземі опідзоленому не визначено. **Висновки.** За 3-річний період досліджень у чорноземі опідзоленому досягли додатного балансу гумусу. Найбільше накопичення гумусу відзначено під впливом компосту (послід + солома) — 0,19 т/га, найменше — під впливом компосту (послід + лушпиння) — 0,10 т/га. Накопичення гумусу після внесення органічних добрив відбулося переважно за рахунок надходження органічної речовини разом із добривами. Більший вплив компосту на баланс гумусу порівняно з послідом можна пояснити збільшенням гуміфікації органічної речовини компосту.

Ключові слова: органічна речовина, органічні добрива, кукурудза, солома, соняшникове лушпиння.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-03>

Уміст гумусу — один із головних параметрів родючості, який безпосередньо змінює властивості ґрунту. Підвищення або зниження запасів гумусу впливає на ґрунтові режими і врожайність сільськогосподарських рослин. Акумуляція гумусу в ґрунті передусім залежить від співвідношення надходження органічної речовини та її втрат унаслідок мінералізації. Переважання мінералізації над надходженням органічної речовини призводить до руйнування трофічного ланцюга і зміни екологічних умов функціонування навколишнього природного середовища. Тому збереження гумусу має загальнопланетарне значення, оскільки він є однією із важливих ланок безперервного трофічного ланцюга між різними життєвими формами [1, 2].

Основними причинами зниження умісту гумусу є зменшення надходження свіжої органічної речовини до ґрунту внаслідок відчуження значної частини біомаси з урожаєм і різке скорочення застосування традиційних органічних добрив. Проблема дегуміфікації ґрунтів ускладнена погіршенням рівня якості агротехніки в період економічної нестабільності і відсутністю контролю над біологічними і біохімічними процесами в ґрунті [3].

За оцінками експертів, за 120 років інтенсивного використання ґрунтів України втрати гумусу досягли порівняно з цілиніними аналогами в зонах Лісостепу 22%, Степу — 19,5, на Поліссі — 19%. За даними ДУ «Інститут охорони ґрунтів» України, 3,6 млн га ріллі (4,3%) характеризується низьким умістом гумусу [4]. Основними шляхами компенсації гумусу в ґрунті є використання усіх видів органічних добрив, сидератів, нетоварної частини врожаю, додавання у сівозміну бобових трав і бобово-злакових травосумішей. Інтенсивне використання ґрунтів без унесення достатньої кількості органічних добрив, що спостерігається останнім часом в Україні, призводить до дегуміфікації, деградації і зниження родючості ґрунтів [1, 5, 6].

Для покриття втрат гумусу і забезпечення його бездефіцитного балансу більшість орних ґрунтів потребують щорічного внесення органічних добрив [7, 8]. У середньому за 2000–2014 рр. в Україні вносили менше 1 т/га органічних добрив, що на фоні

інтенсифікації сільського господарства ніяк не може покрити втрати гумусу в ґрунті [8]. Таке скорочення унесення органічних добрив зумовлено передусім зменшенням поголів'я великої рогатої худоби і занепадом тваринництва як галузі народного господарства через низьку економічну ефективність.

Перспективним напрямом нівелювання втрат гумусу є раціональне науково обґрунтоване використання місцевих сировинних ресурсів (відходи тваринництва, комунального господарства, промисловості, донні відклади, торф, сапропелі) з їх попередньою обробкою (компостуванням), за якої підвищуються їхні меліоративні властивості [9–11].

На фоні зменшення поголів'я великої рогатої худоби і зниження розвитку птахівництва в Україні варто звернути увагу на можливість використання пташиного посліду як основного джерела надходження органічної речовини в ґрунт. Використання пташиного посліду як органічного добрива поліпшує агрофізичні властивості ґрунту, структурно-агрегатний склад і водний режим, підсилює процеси новоутворення гумусних речовин. Послід містить приблизно однакову кількість легко- і важкорозчинних компонентів, що дає змогу не лише забезпечувати рослини доступними поживними речовинами, а й підтримувати та накопичувати органічну речовину в ґрунті. Систематичне внесення відходів птахівництва сприяє збільшенню умісту гумусу в середньому на 0,35% залежно від ґрунтово-кліматичних умов [13].

За дефіциту якісних органічних добрив проблема збереження і підвищення родючості ґрунту тісно пов'язана з ширшим використанням органічних добрив у всіх можливих формах (гній, послід, компости, зелене добриво, солома тощо) [14].

Мета досліджень — визначити вплив посліду і компостів на його основі на баланс гумусу в чорноземі опідзоленому.

Матеріали та методи досліджень. Польовий дослід було проведено на дослідному полі ДП ДГ «Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» на чорноземі опідзоленому в 2015–2017 рр.

Ґрунт — чорнозем опідзолений важкосуглинковий з умістом загального азоту

0,26–0,29%, загального фосфору — 0,21%, рухомих форм фосфору — 5,7, калію — 10,0 мг/100 г ґрунту, азоту в мінеральній формі — 12,0 мг/100 г ґрунту, рН — 6,5.

Дослід проведено за такою схемою: без добрив (контроль); курячий послід; компост (послід + солома); компост (послід + лушпиння). Закладання і проведення польового досліду виконано за методикою Б.А. Доспехова [15]. Площа посівних ділянок — 59 м², облікова — 48 м². Розміщення ділянок рендомізоване, повторність — 4-разова.

Як органічні добрива використовували курячий послід і компости, виготовлені на його основі з додаванням вологопоглинальних наповнювачів (лушпиння соняшнику та солома пшениці) в об'ємному співвідношенні 80% посліду і 20% наповнювача. Компостування проводили на відкритих майданчиках із примусовою аерацією перемішуванням на сучасному обладнанні (Aeromaster 130). Термін компостування — 3 міс. Доза внесення посліду і компостів — 10 т/га у перерахунку на масову частку загального азоту, що відповідає рекомендованим дозам унесення курячого посліду в Україні. Органічні добрива вносили кожного року на нових ділянках (у травні 2015–2017 рр.) перед посівом кукурудзи, рівномірно розподіляючи і закладаючи вручну лопатою. На всіх ділянках щороку вирощували кукурудзу, кореневі залишки якої заробляли в ґрунт.

Зразки ґрунту відбирали з глибин 0–10 і 10–20 см у кінці серпня 2015–2017 рр. після збирання врожаю. Готували зразки за ДСТУ ISO 11464:2001 [16].

Уміст загального вуглецю визначали в лабораторії органічних добрив і гумусу ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» методом Тюріна за ДСТУ 4289: 2004 [17]. Масу корневих решток визначали щороку з кожної облікової ділянки і перераховували на 1 га. Розрахунок балансу гумусу виконано за методикою [18]. Обчислювали кількість гумусу, утвореного з корневих решток кукурудзи на силос, за формулою [18]:

$$\Gamma_{\kappa_1} = Y \cdot K_p \cdot K_r, \quad (1)$$

де Γ_{κ_1} — кількість гумусу, утвореного з корневих решток, т/га; Y — урожай кукурудзи на силос, т/га; K_p — коефіцієнт накопичення корневих решток щодо врожаю кукурудзи

на силос 0,21 [18]; K_r — коефіцієнт гуміфікації корневих решток кукурудзи на силос 1,5 [18].

Унесення органічних добрив забезпечує надходження органічної речовини в ґрунт, частина якого безпосередньо бере участь в утворенні гумусу. Кількість гумусу, що утворилася за внесення курячого посліду і компостів на його основі, розраховано за формулою [18]:

$$\Gamma_{\kappa_2} = D_{\text{орг}} \cdot K_n \cdot K_r \cdot 0,25, \quad (2)$$

де Γ_{κ_2} — кількість новоутвореного гумусу з органічних добрив, т/га; $D_{\text{орг}}$ — доза внесених органічних добрив 10 т/га; K_n — коефіцієнт перерахунку посліду і компостів на його основі на підстилковий гній 1,2 та 1,4 відповідно [19]; K_r — коефіцієнт гуміфікації органічних добрив 0,33 [19]; 0,25 — коефіцієнт перерахунку гною на суху речовину [18].

Витратна частина гумусного балансу містить мінералізацію органічної речовини ґрунту з урахуванням технологічних особливостей вирощування кукурудзи на силос, фізико-хімічних характеристик чорнозему опідзоленого та кліматичних умов. Кількість гумусу, мінералізованого за вирощування кукурудзи на силос, визначали за формулою [18]:

$$B = \Gamma \cdot H \cdot D \cdot K_m \cdot K_6, \quad (3)$$

де B — мінералізація гумусу, т/га; Γ — уміст гумусу в ґрунті, %; H — глибина орного шару 0–20 см; D — щільність складання чорнозему опідзоленого 1,1 г/см³ [18]; K_m — коефіцієнт мінералізації гумусу 0,0125 [18]; K_6 — відносний індекс біологічної продуктивності 1,065 [18].

Розрахунок балансу гумусу в чорноземі опідзоленому виконано з урахуванням утворення гумусу за рахунок гуміфікації внесеного курячого посліду, компостів, корневих решток кукурудзи та мінералізації гумусу. Втрати гумусу за рахунок ерозії не враховували. Обчислення виконано за формулою [20]:

$$B_r = \Gamma_{\kappa_1} + \Gamma_{\kappa_2} - B, \quad (4)$$

де B_r — баланс гумусу, т/га; Γ_{κ_1} — кількість гумусу, утвореного з корневих решток, т/га; Γ_{κ_2} — кількість новоутвореного гумусу з органічних добрив, т/га; B — мінералізація гумусу, т/га.

Результати статистично оброблені за допомогою пакета програм AgCStat у М.О. Excel [21].

Результати досліджень. Уміст органічної речовини — один із головних параметрів родючості, який безпосередньо впливає на ґрунтові режими і врожайність сільськогосподарських рослин. Для покриття втрат гумусу і забезпечення його бездефіцитного балансу більшість орних ґрунтів потребують щорічного внесення органічних добрив у кількості 8–15 т/га з урахуванням особливостей кліматичних зон. Систематичне внесення органічних добрив на основі відходів птахівництва в кількості 10 т/га впродовж 3-х років сприяло збільшенню умісту гумусу в середньому на 8 і 6% під впливом їх дії і післядії відповідно. Це можна пояснити тим, що органічні добрива на основі відходів птахівництва мають значний вплив на агрофізичні властивості ґрунтів, структурно-агрегатний склад і водний режим, посилюючи процеси утворення гумусних речовин.

Низький уміст загального вуглецю (1,7%) визначено на контролі без унесення добрив. При цьому вплив посліду сприяв збільшенню умісту загального вуглецю в ґрунті на 5%, а внесення компосту (послід + солома) і компосту (послід + лушпиння) — на 8 і 12% порівняно з контролем (рис. 1).

Значний вплив компостів на основі посліду можна пояснити приблизно однаковою кількістю легко- і важкорозчинних компонентів, що дає змогу не лише забезпечувати рослини доступними поживними речовинами, а й підтримувати та накопичувати органічну речовину в ґрунті [4].

Післядія посліду і компостів менше впливала на вміст $C_{\text{заг}}$ у ґрунті порівняно з дією. Найменший уміст $C_{\text{заг}}$ визначено на контролі без унесення добрив (1,67%), він практично не змінився порівняно з дією органічних добрив (див. рис. 1). Найбільший вплив

на вміст $C_{\text{заг}}$ мала післядія компосту (послід + лушпиння) — 1,82%. Післядія компостів на основі посліду сприяла збільшенню вмісту $C_{\text{заг}}$ за рахунок трансформації важкорозчинних компонентів добрив, унесених у перший рік.

Варто відзначити, що післядія 2-го року посліду і компостів не вплинула на вміст $C_{\text{заг}}$. На удобрених ділянках уміст $C_{\text{заг}}$ визначено на рівні контролю в межах 1,74–1,80% (див. рис. 1), що свідчить про незначну пролонговану дію посліду і компостів на вміст $C_{\text{заг}}$.

Зміни вмісту гумусу в ґрунтах залежать від 2-х взаємно протилежних процесів — гуміфікації (новоутворення гумусу) та мінералізації органічних речовин. Наслідком їх інтенсивності є накопичення або втрата гумусу. Щоб установити спрямованість та інтенсивність цих змін, застосовують балансовий метод, який враховує статті надходження і відчуження органічних речовин ґрунту. Основними статтями надходження органічної речовини з подальшою гуміфікацією є післяжнивнио-кореневі рештки і внесені органічні добрива. Основними причинами втрати гумусу є мінералізація та ерозія ґрунту. Кількість гумусу, яка може утворитися із післяжнивнио-коренових решток, залежить від урожайності основної продукції, якісної і кількісної характеристик культури. Розрахунок балансу гумусу відображає вплив сільськогосподарської діяльності на вміст загального вуглецю в ґрунті (наскільки добре ґрунт забезпечений органічною речовиною) та допомагає порівнювати ефективність застосування різних систем удобрення.

Результати обчислення балансу гумусу в чорноземі опідзоленому під впливом курячого посліду і компостів показали, що найбільший від'ємний баланс гумусу

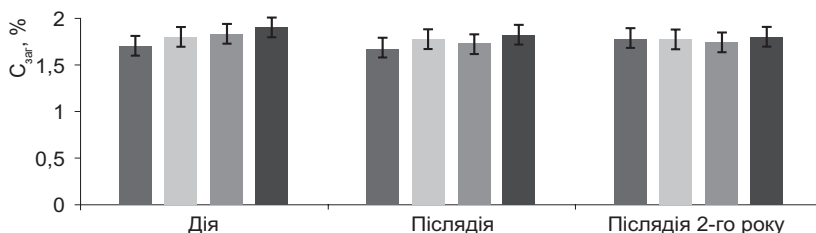


Рис. 1. Уміст $C_{\text{заг}}$ у чорноземі опідзоленому під впливом посліду і компостів: ■ — контроль; ■ — послід; ■ — компост (послід + солома); ■ — компост (послід + лушпиння)

в ґрунті визначено на контролі без унесення добрив ($-0,24$ т/га) (рис. 2). Дефіцитний баланс гумусу на контролі сформувався через нестачу надходження органічної речовини за рахунок корневих решток і видалення із поля усієї нетоварної частини врожаю. Натомість додатний баланс гумусу в чорноземі опідзоленому встановлено під впливом курячого посліду і компостів. Надходження у ґрунт свіжої органічної речовини і перетворення її в складові частини чорнозему опідзоленого сприяє накопиченню гумусу.

Не визначено достовірного впливу на баланс гумусу посліду, компосту (послід + солома) і компосту (послід + лушпиння), що пов'язано з подібним ступенем гуміфікації органічної складової компостів. Варто відзначити, що найбільша кількість гумусу за рахунок заорювання корневих решток утворилася у варіанті з унесенням посліду. Маса корневих решток збільшилася за рахунок найбільшої урожайності кукурудзи на силос порівняно з іншими варіантами досліджу.

Післядія посліду і компостів на його основі не мала істотного впливу на баланс гумусу в чорноземі опідзоленому (рис. 3).

Спостерігалася тенденція до збільшення втрат гумусу під впливом післядії посліду і компосту (послід + лушпиння). Баланс гумусу під впливом післядії компосту (послід + солома) залишився на рівні контролю ($-0,29$ т/га).

Не відзначено сприятливого впливу післядії 2-го року курячого посліду і компостів на баланс гумусу в чорноземі опідзоленому, що можна пояснити відсутністю додаткового надходження органічної речовини в ґрунт за рахунок унесення органічних добрив і однаковою кількістю депонування корневих решток у ґрунт (рис. 4).

Підвищення мінералізації гумусу у варіантах із післядією посліду і компосту (послід + лушпиння) можна пояснити активізацією діяльності ґрунтової біоти і відсутністю надходження свіжого органічного матеріалу за рахунок унесення органічних добрив.

Аналіз розрахунків утворення гумусу в чорноземі опідзоленому дає підставу

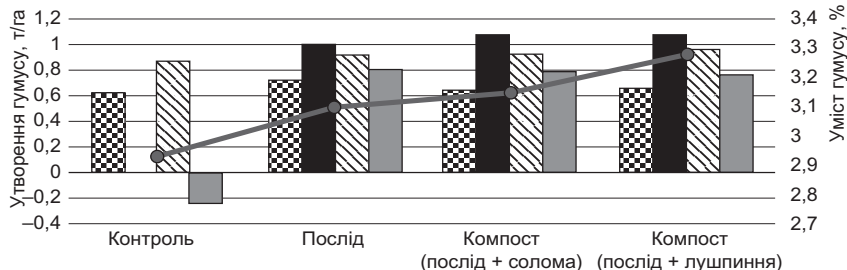


Рис. 2. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому під дією посліду і компостів: — утворено гумусу за рахунок рослинних решток, т/га; — утворено гумусу за рахунок органічних добрив, т/га; — мінералізовано гумусу, т/га; — баланс гумусу, т/га; — уміст гумусу, %

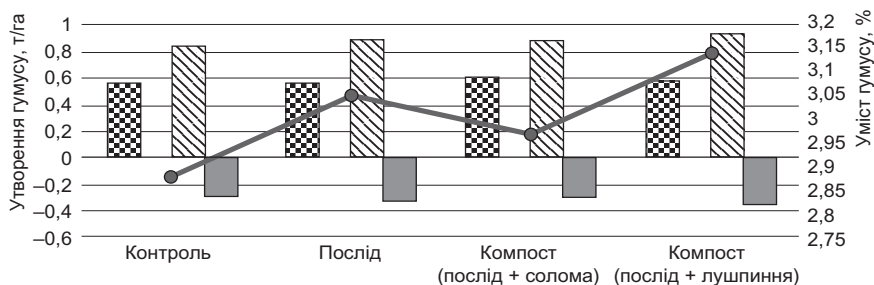


Рис. 3. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому під впливом післядії посліду і компостів: — утворено гумусу за рахунок рослинних решток, т/га; — утворено гумусу за рахунок органічних добрив, т/га; — мінералізовано гумусу, т/га; — баланс гумусу, т/га; — уміст гумусу, %

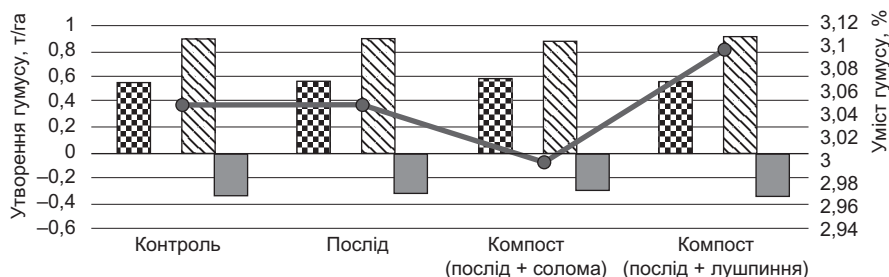


Рис. 4. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому під впливом післядії 2-го року посліду і компостів: — утворено гумусу за рахунок рослинних решток, т/га; — мінералізовано гумусу, т/га; — баланс гумусу, т/га; — уміст гумусу, %

вважати, що заорювання рослинних решток і внесення органічних добрив компенсує втрати гумусу в результаті його мінералізації. Результати досліджень свідчать про те, що за роки проведення експерименту баланс гумусу на контролі без унесення добрив був дефіцитним, а втрати гумусу становили $-0,88$ т/га за рахунок мінералізації.

Натомість за внесення курячого посліду, компосту (послід + солома) і компосту (послід + лушпиння) вдалося досягти формування додатного балансу гумусу на рівні $0,13$; $0,19$; $0,10$ т/га відповідно. Баланс гумусу після внесення органічних добрив поліпшився переважно за рахунок надходження органічної речовини разом із добривами.

Висновки

За 3-річний період досліджень у чорноземі опідзоленому вдалося досягти формування додатного балансу гумусу. Найбільше накопичення гумусу відзначено під впливом компосту (послід + солома) — $0,19$ т/га, найменше — під впливом компосту (послід + лушпиння) — $0,10$ т/га.

Накопичення гумусу після внесення органічних добрив відбулося більшою мірою за рахунок надходження органічної речовини разом із добривами. Значний вплив компосту на баланс гумусу порівняно з послідом можна пояснити збільшенням гуміфікації органічної речовини компосту.

Skrylnyk Ye.¹, Hetmanenko V.², Kutova A.³, Tovsty Yu.⁴

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», 4 Chaikivska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: hnu459@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-8642-8547, ²0000-0001-9021-3373, ³0000-0003-2680-566X, ⁴0000-0002-8206-6112

The balance of humus in the degraded heavy clay-loam chernozem under the influence of chicken manure and composts based on it

Goal. To determine the effect of manure and composts on its basis upon the balance of humus in the degraded chernozem. **Methods.** Field — to determine the effect of organic fertilizers on the humus state of degraded chernozem, laboratory-analytical — to determine the composition of soil samples, calculation — to calculate the balance of humus, mathematical-statistical — to assess the reliability of the data. **Results.** In the field experiment, they

studied the effect and the after-effect of poultry manure and composts on its basis upon the balance of humus in the degraded heavy clay-loam chernozem. It was established that the effect and the after-effect of compost based on chicken manure contributed to the increase of humus content on 8% and 6%, respectively, as compared to control. It is proved that for 3 years of researches in the 0–20 cm layer of degraded chernozem they achieved a positive humus balance. The results of calculation of the balance of humus in the degraded chernozem under the influence of chicken manure and compost had shown that the largest negative balance of humus in soil was in the control without fertilizer — 0.24 t/ha. The positive balance of humus 0.8 t/ha in the degraded chernozem was formed under the influence of chicken manure and compost. The direct influence of the after-effect of manure and composts on the balance of humus in the degraded chernozem was not fixed. **Conclusions.** For 3 years of researches, they

reached a positive balance of humus in the degraded chernozem. The highest accumulation of humus was fixed under the influence of compost (manure + straw) — 0.19 t/ha, the lowest — under the influence of compost (manure + skins) — 0.10 t/ha. Accumulation of humus after the application of organic fertilizers was mainly due to the receipt of organic

substances together with fertilizers. Greater influence of compost on the balance of humus in comparison with the dung can be explained by the increase of humification of the organic matter of the compost.

Key words: organic matter, organic fertilizers, corn, straw, sunflower husks.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-03>

Бібліографія

1. Gotzea Ph., Rucknagela J., Jacobsb A. et al. Sugar beet rotation effects on soil organic matter and calculated humus balance in Central Germany. *European J. of Agronomy*. 2015. № 76. P. 198–207. doi: 10.1016/j.eja.2015.12.004
2. Okorkov V., Okorkova L., Fenova O. Changes in the content of humus in gray forest soils under long-term fertilization. *Russian agricultural sciences*. 2016. № 42. (2). P. 149–154. doi: 10.3103/S1068367416020105
3. Орлова Н.Е., Орлова О.Е. Сравнительная оценка современного состояния и функционирования гумуса в целинных и окультуренных дерново-подзолистых почвах. *Почвы России: современное состояние, перспективы, изучение и использование*: сб. тез. доп. Москва, 2012. С. 324–331.
4. Про стан родючості ґрунтів України: національна доповідь; за ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, О.Г. Тараріка та ін. Київ, 2010. 112 с.
5. Plotnikov A., Gorbunov M., Utkin A. Estimated criterion of agricultural lands damage when soil humus is decreased. *Bulletin of Kurgan State Agrarian Academy*. 2016. № 113. P. 60–63.
6. Cerbari V., Leah C. Green manure-only possibility to save Moldova's arable soils from degradation. *Scientific Papers. Series Agronomy*. 2016. № 59 (2). P. 155–158.
7. Erhart E., Schmid H., Hartl W., Hülsbergen K. Humus, nitrogen and energy balances, and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment with compost compared with mineral fertilisation. *Soil Research*. 2016. № 54 (2). P. 254–263. doi: 10.1071/SR15127
8. Kasper M., Freyer B., Hülsbergen K. et al. Humus balances of different farm production systems in main production areas in Austria. *J. of Plant Nutrition and Soil Science*. 2016. № 178 (1). P. 25–34. doi: 10.1002/jpln.201400111
9. Szychalski W., Grzebisz W., Diatta J., Kostarev D. Humus stock degradation and its impact on phosphorus forms in arable soils—a case of the Ukrainian Forest-Steppe Zone. *Chemical Speciation & Bioavailability*. 2018. № 30 (1). P. 33–46. doi: 10.1080/09542299.2018.1457985
10. Novikov A. Ordinary chernozems humus by fertilization and cultivated agricultural crops efficiency. *Scientific J. of Russian RDI of Melioration Problems*. 2018. № 2. P. 131–143.
11. Juknevičienė E., Danilchenko H., Jarienė E., Fritz J. The effect of horn-manure preparation on enzymes activity and nutrient contents in soil as well as great pumpkin yield. *Open Agriculture*. 2019. № 4 (1). P. 452–459. doi: 10.1515/opag-2019-0044
12. Prokopchuk I., Prokopchuk S., Hospodarenko H., Trus A. Humus content in a podzolized chernozem after a long-term application of fertilizers in a field crop rotation. *Agronomy Research*. 2018. № 16(3). P. 728–736. doi: 10.15159/ar.18.080
13. Temirov U., Namazov S., Usanbaev N. et al. Organic-mineral Fertilizer Based on Chicken Manure and Phosphorite from Central Kyzylkum. *Chemical Science International Journal*. 2018. № 24. P. 1–7. doi: 10.9734/CSJI/2018/43452
14. Erhart E., Schmid H., Hartl W., Hülsbergen K. Humus, nitrogen and energy balances, and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment with compost compared with mineral fertilisation. *Soil Research*. 2016. № 54 (2). P. 254–263. doi: 10.1071/SR15127
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Держспоживстандарт України, 2003. 12 с.
16. ДСТУ ISO 11464:2001. Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). Чинний з 2009-10-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 12 с.
17. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. Чинний з 2005-07-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
18. Греков В.А., Дацько Л.В. Розрахунок балансу гумусу. *Керівництво українського хлібороба*. Київ, 2008. С. 202–203.
19. Кравченко В.А. Методические указания и справочный материал для составления курсового проекта (работы) по системе применения удобрений в севооборотах. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2007. 40 с.
20. Чесняк Г.Я., Бацула А.А., Деревянко Р.Г. Параметры гумусного состояния почв. Обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почве. Киев: Урожай, 1987. 125 с.
21. Гончар-Зайкин П.П., Чертов В.Г. Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации. Москва: Современные тетради, 2003. 564 с.