

9. Jones C.M., Valverde C. (2020). Development of mass production hatchery technology for the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Freshwater Crayfish*, 25(1), 1–6. <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.001>
10. Liu C., Meng F., Tang X., Shi Y., Wang A., Gu Z., Pan Z. (2018). Comparison of nonvolatile taste active compounds of wild and cultured mud crab *Scylla paramamosain*. *Fisheries Science*, 84, 897–907. <https://doi.org/10.1007/s12562-018-1227-0>
11. Luquet G. (2012). Biomineralizations: insights and prospects from crustaceans. *Zookeys*, 176. P. 103–121. <https://doi.org/10.3897/zookeys.176.2318>
12. Penn J.W., Caputi N., Lestang S. et al. (2019). Crustacean Fisheries. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. *Encyclopedia of Ocean Sciences (Third Edition)*, 2, P. 324–337. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09577-4>
13. Zharchynska V., Hrynevych N. (2023). Aquaculture indicators of young *Cherax quadricarinatus* under various feeding plans. *Scientific Horizons*, 26(9), 61–69. <https://doi.org/10.48077/scihor9.2023.61>
14. Zheng-Bin T., Saadiah I., Chaiw-Yee T. (2022). Comparative study on the nutritional content and physical attributes of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) meats. 07 June 2022, Preprint (Version 1) available at *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1695209/v1>

УДК 631.95: 631.452

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.46>

АГРОЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ГУМУСНОГО СТАНУ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО БУГСЬКО-ДНІПРОВСЬКОГО МІЖРІЧЧЯ

Ковальов М.М. – к.с.-г.н.,

керівник наукових лабораторій «Промислового грибіництва та технологій захисту культивованих грибів», а також «Гідропонного вирощування овочів в купольній теплиці», старший викладач кафедри загального землеробства, Центральноукраїнський національний технічний університет

Медведєва О.В. – к.б.н., доцент,

завідувач кафедри екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя,

Цentrальноукраїнський національний технічний університет

Мірзак Т.П. – асистент кафедри екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя,

Цentrальноукраїнський національний технічний університет

В статті експериментально досліджено та обґрунтовано особливості екологічної трансформації гумусного стану чорнозему типового в результаті сільськогосподарського використання. У чорноземі поєднуються сприятливі для обробітку сільськогосподарських культур режими та властивості ґрунтів: повітряний, тепловий, насиченість ґрунтового поглинаючого комплексу кальцієм та близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину. Всі ці характеристики чорнозему типового зумовлюють виражені параметри їхньої багатofункціональності, високу енергетику, можливість існування активної біоти. Наслідком всього цього служить значна і стійка біопродуктивність чорноземів, їх потенційна родючість.

Незважаючи на те, що чорнозем є досить стійкою природною системою, його сучасний агрономічний стан викликає велику тривогу.

За результатами проведених досліджень динаміки вмісту та складу гумусу в чорноземі типовому в межах Бугсько-Дніпровського міжр'яччя показали, що точно оцінити темпи та кількісні параметри процесу дегуміфікації складно. Для ґрунту в цілинному стані характерні досить постійні величини гумусного стану. Як тільки ґрунт розорюється та втягується в систематичний обробіток, власне перетворення природної екосистеми в агроекосистему, змінюються співвідношення між компонентами та процесами як у ґрунті, так і у рослинах. Зменшується надходження та подальше відчуження біомаси культурних рослин, переважання процесів мінералізації над процесами гуміфікації призводять до неминучої втрати органічної речовини рівня нового рівноважного стану.

За сучасними уявленнями формування гумусового профілю чорноземів відбувається за рахунок розкладання потужних кореневих систем трав'янистої рослинності. При цьому формується хімічно стабільний ґрунтовий профіль з великою кількістю гумусу. Однак показники ефективної родючості орних чорноземів часто досить низькі, оскільки в результаті тривалого екстенсивного використання в сільському господарстві їхня органічна частина зазнала помітної трансформації, переважно деградаційного характеру.

Говорячи про значення гумусу, не можна не підкреслити його найважливішу екологічну роль, яку він виконує, виступаючи як джерело поживних елементів. Гумус впливає на водний, температурний, повітряний режими ґрунту, на його структуру. Після розорювання природних екосистем, гумус як цінний ресурс ґрунту поступово втрачається. Його втрати в староорних чорноземах типових пояснюються тим, що в процесі тривалого використання ґрунтів вони втрачають основну властивість гумусу цілино-степових чорноземів – здатність руйнування частини гумусу та його відновлення в сезонному ритмі.

Ключові слова: чорнозем типовий, антропогенна трансформація, вміст гумусу, запаси гумусу.

Kovalov M.M., Medvedieva O.V., Mirzak T.P. Agro-ecological transformation of the humus state of the black soil of the typical Buga-Dniproian interriver

The article experimentally investigates and substantiates the peculiarities of the ecological transformation of the humus state of typical chernozem as a result of agricultural use. In chernozem, regimes and soil properties favorable for the cultivation of agricultural crops are combined: air, heat, saturation of the soil absorbing complex with calcium and a close to neutral reaction of the soil solution. All these characteristics of typical chernozem determine the pronounced parameters of their multifunctionality, high energy, and the possibility of the existence of active biota. The result of all this is significant and stable bioproductivity of chernozems, their potential fertility.

Despite the fact that chernozem is a fairly stable natural system, its current agronomic condition causes great concern.

According to the results of the conducted studies of the dynamics of the content and composition of humus in typical chernozem within the Buga-Dnieper interfluvium, it has been shown that it is difficult to accurately estimate the rates and quantitative parameters of the dehumification process. Fairly constant values of the humus state are characteristic of the soil in virgin status. As soon as the soil is plowed and involved in systematic cultivation, the actual transformation of a natural ecosystem into an agroecosystem, the relationships between components and processes in both soil and plants change. The supply and subsequent alienation of the biomass of cultivated plants decreases, the predominance of mineralization processes over humification processes leads to the inevitable loss of organic matter at the level of the new equilibrium state. According to modern ideas, the humus profile of chernozems is formed due to the decomposition of powerful root systems of herbaceous vegetation. At the same time, a chemically stable soil profile with a large amount of humus is formed. However, indicators of effective fertility of arable chernozems are often quite low, because as a result of long-term extensive use in agriculture, their organic part has undergone a noticeable transformation, mainly of a degradation nature.

Speaking about the importance of humus, one cannot fail to emphasize its most important ecological role, which it performs as a source of nutrients. Humus affects the water, temperature, and air conditions of the soil and its structure. After the plowing of natural ecosystems, humus as a valuable soil resource is gradually lost. Its losses in typical old arable chernozems are explained by the fact that in the process of long-term soil use, they lose the main property of humus of virgin steppe chernozems – the ability to destroy part of the humus and restore it in a seasonal rhythm.

Key words: typical chernozem, anthropogenic transformation, humus content, humus reserves.

Постановка проблеми. В умовах повномасштабного вторгнення проблема підтримки та відтворення органічної речовини в ґрунті набула глобального характеру, оскільки сучасне сільське господарство, у широкому сенсі, вичерпало весь земельний ресурс і тепер змушене виробляти продукцію вже в умовах, що не завжди сприятливих. Тому в даний момент просто необхідно дбати про родючість ґрунту, формувати ставлення до ґрунту, не як до джерела поживних речовин та сприятливих умов для обробітку культурних рослин, а як до єдиного живого організму. Якщо ж цього досягти буде неможливо, то зниження ґрунтової родючості в поточний період обернеться катастрофою для всього людства та вимагатиме в майбутньому колосальних витрат на його відновлення [1, с. 112].

Вивчення гумусу в статистиці, динаміці та тривалому тимчасовому розвитку різних ґрунтів, що відрізняються за характером походження, просторовою та тимчасовою роз'єднаністю, сприятиме розробці теоретичних основ ґрунтоутворення в цілому, а також практичних рекомендацій щодо ефективного використання гумусового фонду ґрунтів [2, с. 14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження динаміки вмісту та складу гумусу в чорноземах на території України показали, що точно оцінити темпи та кількісні параметри процесу дегуміфікації досить складно. Відомо, що для ґрунту в цілинному статусі характерні досить постійні величини гумусного стану. Однак після розорювання ґрунту та введення його у сівозміну, тобто перетворення природної екосистеми в агроекосистему, змінюються співвідношення між компонентами та процесами у ґрунті та рослинах. Зменшується надходження та постійне відчуження біомаси культурних рослин, переважання процесів мінералізації над процесами гуміфікації призводять до неминучої втрати органічної речовини рівня нового рівноважного стану [3, с. 57]. Існує думка проте, що в плакорних умовах втрата гумусу за рахунок дегуміфікації може досягати 20–25% від вихідного вмісту їх у чорноземах [4, с. 7]. Значну частину втрат гумусу у чорноземних ґрунтах варто віднести за рахунок дефляції та ерозії. Особливо суттєві зміни відбуваються зі збільшенням ступеня еродованості – у сильнозмитих ґрунтах вміст та запаси гумусу зменшилися за 30 років у 1,5–4 рази [5, с. 69].

Найбільш характерна ознака чорноземів – добре розвинений органопрофіль, що характеризується інтенсивним темним забарвленням, високим вмістом та запасом гумусу гуматного типу. Завдяки цьому чорноземи відрізняються високим рівнем потенційної родючості, що помітно перевершує рівень родючості інших типів ґрунтів.

За сучасними уявленнями формування гумусового профілю чорноземів відбувається за рахунок розкладання потужних кореневих систем трав'янистої рослинності. У цьому формується, за висловом Ф.П. Топольного [1, с. 113, 6, с. 84], хімічно стабільний ґрунтовий профіль з великою кількістю гумусу. Однак показники ефективної родючості чорноземів агроекосистем часто досить низькі, оскільки в результаті тривалого екстенсивного використання в сільському господарстві їхня органічна частина зазнала помітної трансформації, переважно деградаційного характеру [7, с. 21].

Говорячи про значення гумусу, не можна не підкреслити його найважливішу екологічну роль, яку він виконує, виступаючи як джерело поживних елементів. Встановлено, що у гумусі є всі елементи необхідні життя рослин – азот, вуглець, кисень, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо та інші [8, с. 123]. У роботах [9, с. 43; 10, с. 66] показано тісний зв'язок між потужністю гумусового шару, вмістом органічної речовини у ґрунті та врожайністю сільськогосподарських рослин.

Тому дуже актуальною є проблема комплексного вивчення та оцінки чорнозему на фіксованих об'єктах території.

Постановка завдання. Метою дослідження – провести порівняльне вивчення та дати комплексну агроекологічну оцінку трансформації чорнозему типового Бугсько-Дніпровського міжріччя за тривалого сільськогосподарського використання.

Для оцінки зміни властивостей чорнозему типового за 20-річний період використання, восени 2003 року було закладено ґрунтові розрізи, з яких відібрано зразки ґрунту на наступних варіантах:

1. Рілля (розріз 1) – польові сівозміни з переважанням зернових, просапних та кормових культур.

2. Рілля (розріз 2) – овочева сівозіміна. На модальній ділянці протягом 50 років оброблявся широкий асортимент овочевих культур: капуста, цибуля, морква, столовий буряк, огірок, томат, рання картопля. Зрошення проводилося дощуванням річковою водою (р. Плетений Ташлик), залежно від погодних умов та культури, що обробляється, за вегетаційний період проводили 3–4 поливи по 300–400 м³/га.

3. Переліг (розріз 3) – травостій представлений різнотравно-злаковою асоціацією. Для отримання коректніших висновків про зміну властивостей чорнозему, порівнювали агроекосистеми з природною екосистемою.

Усі об'єкти, що порівнюються, знаходяться на незначному видаленні один від одного та сформовані в ідентичних умовах ґрунтоутворення.

Вивчення наслідків антропогенного впливу на чорнозем типовий здійснювалося шляхом проведення польових та лабораторних досліджень. У роботі використовували профільний та порівняно – аналітичний методи. Орні варіанти ґрунтів оцінювалися за рівнем зміни морфологічних, фізичних, фізико-хімічних властивостей, вмісту та запасів гумусу порівняно з цілинним аналогом.

У польових умовах проводилися морфологічні описи ґрунтових профілів згідно з загальноприйнятими методиками польової діагностики ґрунтів [11, с. 3].

У лабораторії кафедри загального землеробства ЦНТУ визначено гранулометричний, структурний склад, вміст гумусу, склад гумусу, фізико-хімічні, загальні фізичні, водні властивості ґрунтових зразків загальноприйнятими методами [12, с. 7]. Статистична обробка отриманих даних проводилася за методикою дисперсійного аналізу [13, с. 49].

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати наших досліджень показали, що для чорнозему типового природних екосистем, сформованого під впливом глибокого проникнення коренів трав'янистих рослин, що щорічно відмирають, розкладаються безпосередньо в ґрунтовій товщі характерне поступове зменшення вмісту гумусу за профілем. В ґрунтах агроекосистем профільний розподіл гумусу зберігає ту ж тенденцію. Проте загальний зміст помітно змінилося (див. рис. 1).

Тривалий антропогенний вплив на чорнозем типовий створює дефіцит надходження свіжих органічних залишків у ґрунтовий профіль. Значна частка просапних культур у сівозіміні та недостатнє внесення органічних добрив призвело до суттєвої зміни гумусового стану ґрунтів агроекосистем. Тенденція до зменшення вмісту та запасів гумусу у профілі досліджуваного чорнозему типового чітко простежується в метровій товщі, у шарі найбільш активного ґрунтоутворення. Аналіз проведених досліджень та статистична обробка даних показали (рис. 1), що за 20-річний період вміст гумусу в орному шарі незрошуваного чорнозему зменшилося з 9,14 до 5,29%, втрати в орному шарі становлять 27,5%. Втрати гумусу простежуються по всьому гумусовому профілю. Зі збільшенням глибини різниця

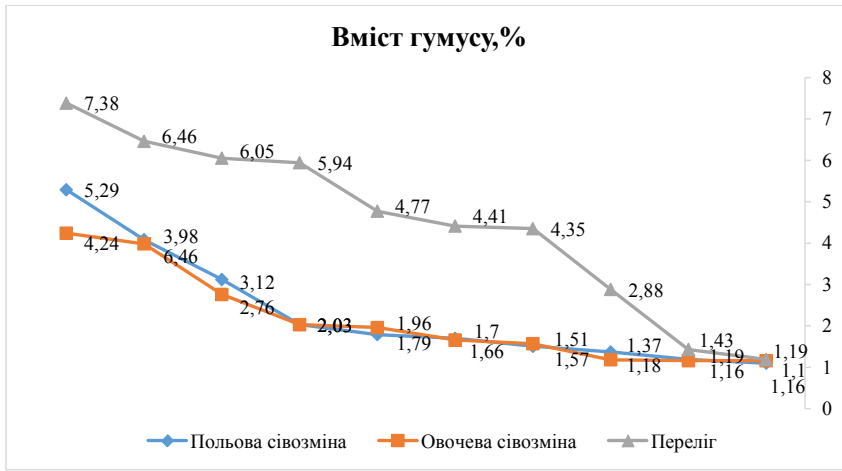


Рис. 1. Розподіл гумусу по ґрунтовому профілю чорнозему типового: а) польова сівозміна (без зрошення); б) овочева зрошувана сівозміна; в) переліг

у вмісті гумусу поступово знижується. Систематична обробка і обробіток сільськогосподарських культур на підорний шар, як і на орний, справили негативний, хоча й слабкіший вплив. Зменшення запасів гумусу в півметровій товщі староорного ґрунту склало 74 т/га, порівняно з цілинним аналогом втрати збільшилися до 90 т/га (див. табл. 1).

Таблиця 1

Вміст та запаси гумусу в чорноземі типовому (0–50 см)

| Глибина відбору зразків, см | 2003 рік | | 2023 рік | |
|---|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| | Вміст гумусу, % | Запаси гумусу, т/га | Вміст гумусу, % | Запаси гумусу, т/га |
| Розріз 1. Польова сівозміна, без зрошення | | | | |
| 0–10 | 6,98 | 80,97 | 5,29 | 61,36 |
| 10–20 | 5,51 | 64,47 | 4,08 | 47,74 |
| 20–30 | 4,50 | 53,10 | 3,12 | 36,82 |
| 30–40 | 3,58 | 42,60 | 2,03 | 24,16 |
| 40–50 | 1,99 | 24,28 | 1,79 | 21,84 |
| 0–50 | – | 265,42 | – | 191,91 |
| Розріз 2. Овочева сівозміна, з зрошенням | | | | |
| 0–10 | 5,94 | 71,87 | 4,24 | 50,30 |
| 10–20 | 5,02 | 61,24 | 3,98 | 48,56 |
| 20–30 | 3,89 | 48,63 | 2,76 | 34,50 |
| 30–40 | 3,27 | 41,86 | 2,03 | 25,98 |
| 40–50 | 2,44 | 31,48 | 1,96 | 25,28 |
| 0–50 | – | 255,08 | – | 184,62 |
| Розріз 3. Переліг | | | | |
| 0–10 | | 7,38 | | 59,04 |
| 10–20 | | 6,46 | | 58,14 |

Продовження таблиці 1

| | | |
|---------------------------|-------------|-------------|
| 20–30 | 6,05 | 54,45 |
| 30–40 | 5,94 | 60,59 |
| 40–50 | 4,77 | 49,61 |
| 0–50 | – | 281,83 |
| НІР_{0,05} | 0,04 | 2,87 |

Ця різниця досить суттєва, і пояснити її можна тим, що при численних обробках внаслідок підвищеної аерації відбувається інтенсивна мінералізація органічної речовини. Поступове збіднення ґрунтів агроєкосистем гумусом та елементами живлення виникає тому, що вони розвиваються переважно під впливом одного виду культур.

У зв'язку із зменшенням надходження свіжої органічної речовини у вигляді коренепоживних залишків утворюється мало найактивніших форм типу детриту. У польових сівозмінах основна частина біологічної продукції відчужується як продовольство, фураж та ін. Основним джерелом утворення гумусу є кореневі та пожнивні залишки сільськогосподарських культур. Рослинні залишки, що надходять у ґрунт та органічні добрива, що епізодично вносяться, інтенсифікують гуміфікацію, проте не настільки, щоб суттєво підвищити ступінь гумусованості чорнозему.

Аналогічні зміни гумусового стану чорнозему типового при тривалому сільськогосподарському використанні представлені в роботах [7, с. 17; 9, с. 117].

Найбільш помітні зміни гумусового стану спостерігаються в чорноземі при тривалому зрошенні, що істотно впливає на умови зміни спрямованості та швидкості трансформації, як свіжої органічної речовини, так і гумусу ґрунту.

У зміні гумусового стану агроєкосистем важлива роль належить культурам, що обробляються. Різний вплив зумовлено неоднаковими біологічними особливостями та їхньою агротехнікою. За наслідками досліджень [14, с. 87] особливе значення для балансу гумусу в чорноземі має насиченість сівозміни просяними культурами, де щорічні втрати гумусу з орного шару становлять близько 0,3%. Відомо, що запаси коренів в агроценозах овочевих культур невеликі, і при збиранні корене- та бульбоплодів відбувається щорічне відчуження ґрунтового дрібнозему. При зрошенні створюється сприятливіший гідротермічний режим, у якому активізуються біологічні процеси. Періодично внесені органічні добрива в 40–50 т/га і з розсадою горщечної культури (огірок, томат, капуста) до 5–7 т/га інтенсифікують гуміфікацію, проте не настільки, щоб істотно підвищити ступінь гумусованості і компенсувати втрати гумусу.

Вміст гумусу в чорноземі овочевої сівозміни в шарі 0–20 см зменшилося на 29% (див. табл. 1). Темпи зниження органічної речовини відзначені по всьому профілю.

Практично всі запаси гумусу зосереджені у верхньому 0–40 см шарі ґрунту. Відбувається істотне зменшення його з глибиною від 3,27% на глибині 30–40 см до 2,44% у шарі 40–50 см. У порівнянні з природною екосистемою запаси гумусу скоротилися на 97,3 т/га.

Інтенсивна мінералізація органічної речовини далеко не єдина причина погіршення гумусового стану чорнозему типового. Необхідно відзначити негативний вплив на зниження запасів гумусу поверхневого стоку талих, зливових та іригаційних вод, під впливом яких відбувається відчуження твердої фази ґрунтів,

особливо її мулистої фракції, на частку якої припадає до 75% від загальної кількості гумусу, закріпленою твердою фазою ґрунту [3, с. 44]. Поля овочевої сівозміни розташовані на ділянці схилу західної експозиції довжиною близько 1300 м, експозиція схилу збільшується від водороздільних частин до брівки яру від 1 до 3–40°. Винесення високодисперсних частинок з орного шару за рахунок поверхневого стоку вод призводить до збіднення зрошуваних чорноземів гумусом. Крім того, при змиві верхньої частини профілю чорноземів та залученні в орний шар нижчих, менш гумусованих горизонтів загальний вміст гумусу в орному шарі дедалі більше зменшується. Як зазначено раніше у нашій роботі [6, с. 82], залежно від ступеня еродованості чорноземів типових, втрати гумусу в орному шарі варіюють від 12 до 23%. Значне зменшення гумусу відзначено при більшій експозиції схилу, де високі темпи його зниження відбуваються по всьому гумусовому профілю. Незважаючи на те, що останніми роками обробіток овочевих культур з зрошенням на території, що вивчається, припинили, негативні наслідки тривалого та досить часто нерационального зрошення зберігаються і в даний час.

Найбільш коректні висновки про втрати гумусу можна зробити, порівнявши агроєкосистеми з природним аналогом. У цілих чорноземах вся біомаса різнотравно-злакової асоціації довгі роки повертається в ґрунт з опадом, що надає їй відносно стабільної динамічної рівноваги та більшого вмісту гумусу. Запас гумусу в півметровій товщі сягає 281,83 т/га. Рівень родючості ґрунтів визначається також якістю гумусу. Характерною особливістю гумусу чорнозему природної екосистеми є значне перевищення гумінових кислот над фульвокислотами (СГК: СФК-2,4), що є основною рисою даного типу ґрунтів, у той час як у чорноземах агроєкосистем відбувається поступове зменшення ГК і відношення СГК: СФК знизилася до 1,7 [6, с. 83]. У порівнянні з гуміновими кислотами фульвокислоти здатні до швидкого відновлення і як більш окислені сполуки вони накопичуються в ґрунтах агроєкосистем [9, с. 198].

Висновки і пропозиції. Результати проведених досліджень показали, що інтенсивна експлуатація чорноземів при різному антропогенному навантаженні без відповідних компенсаційних заходів призвела до погіршення гумусового стану. Зниження кількості гумусу після розорювання ґрунтів природних екосистем відбувається активно в орному шарі, оскільки саме у ньому збільшуються процеси мінералізації. Зі збільшенням періоду використання ґрунтів агроєкосистем зменшення запасів гумусу спостерігається у всьому гумусовому профілі, поступово темпи втрат знижуються. За збереження зазначених негативних тенденцій прогнозується подальше зниження гумусу в агроєкосистемах. У чорноземах агроєкосистем зміна цього показника визначається рівнем інтенсифікації землеробства: структурою посівних площ, рівнем застосування органічних та мінеральних добрив. Основними принципами відтворення гумусу ґрунту, як і родючості в цілому, є недопущення ерозійних втрат ґрунту та впровадження прийомів, які б збільшували надходження органічних речовин у ґрунт. Останнє дозволить збільшити ємність кругообігу біогенних елементів, сприятиме збільшенню родючості ґрунту та одержанню високих урожаїв культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Топольний Ф., Топольний С. Ґрунти як компоненти ландшафту: проблеми генези і класифікації. *Науковий вісник Чернівецького університету* : збірник наукових праць. Вип. 318. *Географія*. Чернівці : Рута, 2006. С. 110–116.

2. Канівець О.М. Ознаки та причини погіршення родючості ґрунтів. Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції: Тернопіль: Крок, 2016. 28 с.
3. Носко Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів. Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». Харків : Вид. «13 типографія», 2006, 239 с.
4. Тихоненко Д.Г. Головні закономірності розвитку агрогенних ґрунтів України. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*, 2015, № 2. С. 6–9.
5. Позняк С.П. Актуальні проблеми ґрунтознавства і географії ґрунтів. Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2017. 272 с.
6. Ковальов М.М., Топольний Ф.П., Малаховська В.О Органічна речовина ґрунту під впливом тривалого сільськогосподарського використання *Аграрні інновації. Рецензований науковий журнал*. № 17. 2023. Видавничий дім «Гельветика». С. 81–87.
7. Леонєць В.О. Екологічні наслідки сучасної деградації природних і антропогенних ландшафтів та основні напрямки охорони земель. *Землевпорядний вісник*. Київ, 1998. № 3. С. 15–30.
8. Brevik E.C. et al. The interdisciplinary nature of soil. *SOIL*. 2015. 1. pp. 117–129.
9. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2018. 233 с.
10. Попірний М.А. Зміна якісних і спектроскопічних характеристик органічної речовини чорнозему типового за різних систем обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2016. Вип. 7. С. 65–68.
11. Якість ґрунту. Польовий опис ґрунту (ISO 25177:2008, IDT): ДСТУ ISO 25177:2015. [Чинний від 2016-04-01]. Харків: Технічний комітет стандартизації ТК 142 «Ґрунтознавство», 2016. 9 с. (Національні стандарти України).
12. Органічна речовина ґрунту: ДСТУ 4289 (ДСТУ 4289-2004). – [Чинний від 2004-04-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
13. Яровий А.Т., Страхов Є.М. Багатомірний статистичний аналіз : навчально-методичний посібник для студентів математичних та економічних фахів. Одеса : Астропринт, 2015. 132 с.
14. Ковальов М.М., Семетківська Т.О. Причини низької ефективності хімізації землеробства в умовах чорноземної зони України. *Вісник ХНАУ : зб. наук. пр. / Харк. націон. аграр. ун-т*. 2014. № 2. С. 84–90.