

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗМІН ВЛАСТИВОСТЕЙ ЯСНО-СІРОГО ЛІСОВОГО ПОВЕРХНЕВО ОГЛЕСНОГО ҐРУНТУ У РІЗНИХ РОТАЦІЯХ СІВОЗМІНИ ЗА ДОВГОТРИВАЛОГО АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ**

Для оптимізації використання ясно-сірого лісового поверхнево оглесного ґрунту в умовах Західного Лісостепу пріоритетними залишаються зниження кислотності, внесення органічних та мінеральних добрив, що водночас забезпечує науково обґрунтоване ведення землеробства. Інтенсивне ведення сільського господарства в Україні супроводжується трансформацією основних властивостей та режимів ґрунтів. Однак на сьогодні стихійним ознакам трансформаційного розвитку ґрунтів і формування їхньої родючості потрібно протиставити науковообґрунтовану систему управління цими процесами.

Дослідження стосуються порівняльної оцінки зміни агрохімічних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглесного ґрунту за 25-річний період його використання в системі інтенсивного землеробства (кінець IV ротації семипільної сівозміни та кінець IX ротації чотирипільної сівозміни).

Довготривале використання різних систем удобрення та періодичного вапнування ясно-сірого лісового поверхнево оглесного ґрунту, як у IV, так і IX ротаціях стаціонарного досліді показали значне переважання дуже дрібних агрегатів у ґрунті розміром 0,25–0,1 мм над великими агрегатами розміром 5–10 мм. За органо-мінеральної системи удобрення та періодичного вапнування 1,0 н  $\text{CaCO}_3$  за Нг на кінець IX ротації вміст агрегатів розміром 5–10 мм майже у вісім разів перевищує дуже дрібні та середні часточки розміром 0,25–3,0 мм. Крім того, за даної системи удобрення спостерігається майже однакове співвідношення дуже дрібної фракції над великою. На контролі без добрив і за внесення в ґрунт лише мінеральних добрив помітно зросла кількість агрегатів 0,25–0,1 мм, що свідчить про погіршення водостійкості структури.

Результати наукових досліджень свідчать, що зміна лісових ценозів агроценозами позитивно вплинула на кислотно-основні властивості ясно-сірого лісового поверхнево оглесного ґрунту. За 25-річний період внесення в ґрунт однієї норми мінеральних добрив ( $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ ), 10 т/га гною на фоні 1,0 н

$\text{CaCO}_3$  показник  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  в обох ротаціях є слабокислим (5,18–5,51). Показник  $\text{H}^+$  в обох ротаціях на відміну від контролю коливався від низької до середньої величини з максимальними значеннями в середній частині профілю. В обох ротаціях на контролі та за різних систем удобрення спостерігали акумуляцію вмісту гумусу лише у верхніх шарах ґрунту. Нижчі горизонти є безгумусними (< 1 %).

**Ключові слова:** ясно-сірий лісовий поверхнево оглєсений ґрунт, профіль, горизонт, структура, удобрення, вапнування, властивості.

**Oleh Havryshko, Yurii Olifir, Anna Gabryel, Tetiana Partyka**

Institute of Agriculture of the Carpathian Region NAAS

**Comparative analysis of changes in properties of light-gray forestal surface-gleyed soil in different crop rotations under long-term anthropogenic influence**

To optimize the use of light-gray forestal surface-gleyed soil in the conditions of the Western Forest-Steppe, reducing acidity, applying organic and mineral fertilizers, which at the same time ensures scientifically based farming, remain priorities. The intensive management of agriculture in Ukraine transforms the main properties and regimes of soils. However, today, the spontaneous signs of the transformational development of soils and the formation of their fertility must be contrasted with a scientifically based system of management of these processes.

The research concerns the comparative assessment of changes in the agrochemical properties of the light-gray forestal surface-gleyed soil over the 25-year period of its use in the system of intensive agriculture (end IV rotation of seven-field crop rotation and end of IX rotation of four-field crop rotation).

Long-term use of different fertilising systems and periodic liming of light-gray forestal surface-gleyed soil in both 4th and 9th crop rotations showed a significant predominance of very fine 0.25–1.0 mm soil aggregates over coarse 5–10 mm units in a stationary experiment. Under the organo-mineral system of fertilisation and periodic liming with 1,0 n  $\text{CaCO}_3$  by hydrolytic acidity at the end of the 9th rotation, the content of coarse aggregates is almost eight times more than the very fine and medium 0.25–3.0 mm aggregates. Also, there is almost the same ratio of the very fine fraction over the coarse fraction under this fertilising system. In control (without fertilisers) and when applying the mineral fertilisers, the content of 0.25–1.0 mm fraction noticeably increases, which indicates a deterioration of the water-resistance of the structure.

The results of the research showed that the replacement of forest cenoses with agrocenoses had a positive effect on the acid-base properties of light-gray forestal surface-gleyed soil. Over a long-term 25-year period of application of one norm of mineral fertilisers ( $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ ) and 10 t/ha of manure on the background of 1,0 n  $\text{CaCO}_3$ , the  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  is slightly acidic (5.18–5.51) in both rotations. The hydrolytic acidity in both rotations, in contrast to the control, ranges from low to medium with maximum values in the middle part of the profile. Accumulation of humus content is observed only in the upper soil layers in both rotations under control and with different fertilising systems. Below horizons are humus-free (<1 %).

**Keywords:** light-gray forestal surface-gleyed soil, profile, horizon, structure, fertilizers, liming, properties.

**Вступ.** Інтенсивне ведення сільського господарства в Україні супроводжується трансформацією основних властивостей та режимів ґрунтів. Однак, на сьогодні стихійним процесам трансформаційного розвитку ґрунтів і формування їхньої родючості необхідно протиставити науково обґрунтовану систему управління цими процесами [9, 17, 18, 25].

Управління родючістю передбачає постійну корекцію меліоративних, технологічних заходів у строгій відповідності до зміни клімату, перебігу ґрунтових процесів і режимів, фізіологічних потреб рослин, ринку [14, 21]. Тому в контексті стійкості агроєкосистем і збереження родючості необхідним є отримання об'єктивних результатів дослідження стану агроєкосистем під впливом різних агрозаходів для збалансованого використання їх ресурсів [4, 5, 20].

Для розв'язання цієї проблеми важливим є комплексне порівняння розвитку агрогенно-трансформованих та відносно природних ґрунтів, а також інтерпретація даних, пов'язаних із попередніми дослідженнями [7, 13, 16, 22, 26, 27, 29].

За даними Снітинського, Díaz та ін., одним із пріоритетних викликів для сучасного ґрунтознавства є збереження багатofункціональності екосистем ґрунту, сприяючи тим самим оптимізації живлення сільськогосподарських культур. Для сучасного управління ґрунтовими ресурсами в агроєкосистемах є характерним лінійний принцип, тоді як процеси, що відбуваються в природних системах, характеризуються циклічністю. Ліквідація циклічності, яка є специфічною для розвитку екосистем, агрогенними факторами порушує циклічність розвитку ґрунту. Це спричинює проблеми у збереженні родючості ґрунтів [2, 5].

Спектр досліджень, що стосуються агрогенної трансформації ґрунтів, дуже широкий [3, 11, 15, 23]. Однак дослідження зосереджувались насамперед на зміні властивостей верхніх гумусових горизонтів (0–30–45 см). При цьому припускали, що зміни, які відбуваються на глибині 100–150 см є наслідком впливу тривалого (50 років і більше) обробітку ґрунту. В інших дослідженнях вивчали вплив довготривалого мінерального удобрення на структуру ґрунту, стверджуючи, що структура малогумусних глеюватих ґрунтів більш стійка у кислотній реакції середовища, тому що в її утворенні беруть участь не кальцій, а оксиди алюмінію і заліза [1, 10, 12, 28, 30].

Щоб оцінити трансформацію властивостей ґрунту, які відбуваються в агроєкосистемах, важливо зрозуміти, наскільки

змінились ґрунти порівняно з природним фоновим ґрунтом. Ченьдев та ін. [8, 10] застосували подібний підхід у дослідженнях ґрунтів, базуючись на прикладі історичного розвитку лісових ландшафтів у США та Росії. Вони зазначали, що тривалий обробіток ґрунту в першу чергу дуже змінив морфологію ґрунту, його хімічні та фізичні властивості. Бай та ін. також наголошують на важливості часової тривалості [6, 24, 19].

Об'єктивну інформацію про стан і зміни агроєкосистем, окремих її компонентів під впливом різних антропогенних навантажень можна отримати тільки в базових стаціонарних дослідях.

**Матеріали і методи.** Науково-дослідну роботу виконували в класичному стаціонарному досліді (49°47'53.9"N, 23°52'27.2"E), закладеному в 1965 р. у відділі агрохімії та ґрунтознавства Інституту сільськогосподарства Карпатського регіону НААН. Дослід занесено у Реєстр довгострокових стаціонарних польових дослідів НААН (атестат реєстрації НААН № 29). Тип ґрунту дослідної ділянки ясно-сірий лісовий поверхнево оглешений. З часу закладки дослід пройшов п'ять семипільних ротацій. На теперішній час дослідження ведуться у чотирипільній ротації.

Стаціонарний дослід розміщений в натурі на трьох полях, кожне з яких налічує 18 варіантів у триразовому повторенні. Розташування варіантів одноярусне, послідовне. Загальна площа ділянки становить 168 м<sup>2</sup>, облікова – 100 м<sup>2</sup>. Агротехніка вирощування культур, обробіток ґрунту і догляд за посівами загальноприйняті для умов зони Західного Лісостепу України.

Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту до закладки дослідів така: вміст гумусу (за Тюрніним) 1,42 %, рН<sub>KCl</sub> 4,2, гідролітична кислотність (за Каппеном) 4,5, обмінна (за Соколовим) – 0,6 мг-екв/100 г ґрунту, вміст рухомого алюмінію 60,0, рухомого фосфору (за Кірсановим) і обмінного калію (за Масловою) – відповідно 36,0 і 50,0 мг/кг ґрунту.

У досліді застосовували напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці, аміачну селітру (34,5 %), гранульований суперфосфат (19,5 %), калійну сіль (40 %), нітроамофоску (NPK по 16 %) (при використанні нітроамофоски вміст NPK збалансовували згідно з рівнями удобрення простими добривами). Гній у семипільній ротації з розрахунку 10 і 20 т/га сівозмінної площі вносили під картоплю і буряки цукрові, у чотирипільній – під кукурудзу. Фосфорно-калійні добрива вносили восени, азотні – під передпосівну культивування. Вапнування у I–V ротаціях згідно зі схемою дослідів у семипільній сівозміні проводили під картоплю; у чотирипільній

ротації – під кукурудзу на силос, у якій також відкоригована доза внесення добрив під культури сівозміни, не порушуючи змісту варіантів. Як вапнякові матеріали використовували вапнякове борошно (90 % CaO). Починаючи з VIII ротації (2008–2011) другий укіс конюшини лучної заорювали добриво на всіх варіантах досліду.

У статті представлено результати досліджень на кінець IV ротації семипільної сівозміни (картопля – ячмінь ярий з підсівом конюшини – конюшина лучна – пшениця озима – буряки цукрові – кукурудза на силос – пшениця озима) у варіантах: абсолютного контролю без внесення добрив (К), органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною + N<sub>70</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) на фоні періодичного вапнування 1,0 н CaCO<sub>3</sub> за гідролітичною кислотністю (6,0 т/га вапнякового борошна) (ОМ) та мінеральної (N<sub>140</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>) систем удобрення (М).

Дослідження на кінець IX ротації чотирипільної сівозміни (кукурудза на силос – ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної – конюшина лучна – пшениця озима) проводили у варіантах: абсолютного контролю без внесення добрив (К), органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною + N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub>) на фоні періодичного вапнування 1,0 н CaCO<sub>3</sub> за гідролітичною кислотністю (6,0 т/га вапнякового борошна) (ОМ) та мінеральної (N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub>) системи удобрення (М).

Для порівняння трансформації властивостей ґрунту за тривалого антропогенного впливу у природному стані закладено (2015 р.) додатковий розріз під лісовим масивом (Л) (49°47'53.4"N 23°52'36.7"E).

Для детального морфологічного опису і визначення розміру частинок ґрунту застосовували Керівництво з опису ґрунтів (2006).

Аналітичні роботи виконували в агрохімічній лабораторії (свідоцтво атестації № РЛ 009/22 від 07.02.2022 р., видане ДП «Львівстандартметрологія») Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Дослідження трансформації структурно-агрегатного складу верхнього шару ґрунту за різних систем удобрення і періодичного вапнування виконували ситовим методом у модифікації Саввінова (ДСТУ 4744–2007), який складався з двох послідовних етапів. Просіювання середнього зразка ґрунту № 1 на ситах у сухому стані (сухе просіювання), в результаті чого структурні окремість ґрунту розпадаються на макроагрегати різного розміру. У нашому випадку для аналізу були відібрані великі агрегати розміром 5–10 мм та дуже маленькі й середні агрегати розміром 0,25–3,0 мм. На кожному ситі збирається одна фракція макроагрегатів, вміст якої у ґрунті

розраховується відносно маси середнього зразка. Другий етап полягав у замочуванні середнього зразка ґрунту № 2 та просіюванні на ситах у воді (мокре просіювання) з метою розділення водостійких макроагрегатів на великі розміром 5–10 мм і дуже маленькі розміром 0,25–1,0 мм фракції.

Зразки ґрунтового профілю для визначення агрохімічних властивостей на досліджуваних варіантах відбирали з кожного генетичного горизонту та готували до аналізів згідно з ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464–2001. рН сольової витяжки вимірювали потенціометричним методом згідно з ДСТУ ISO 10390-2001, гідролітичну кислотність (Нг) – методом Каппена у модифікації ЦИАО (ДСТУ 26212–91), рухомий алюміній ( $Al^{3+}$ ) – за Соколовим (ДСТУ 26485–85), суму увібраних основ (Са+Mg) – згідно з ДСТУ ISO 11260–2001, вміст гумусу – методом Тюріна в модифікації Нікітіна (ДСТУ 4732–2007).

Статистичну обробку отриманих результатів дослідження проводили за допомогою програмного забезпечення OriginPro 2019b (OriginLab Corporation, США, 2019). Дані порівнювали за допомогою тесту Тьюкі. Відмінності між зразками вважали статистично значущими при  $P < 0,05$ . Дані в таблицях представлені у вигляді середнього арифметичного зі стандартним відхиленням ( $\bar{x} \pm SD$ ).

**Результати та обговорення.** Аналіз структурно-агрегатного складу ґрунту показав, що на контролі (К) у IV ротації сівозміни в результаті сухого просіювання вміст великих агрегатів розміром 5–10 мм та дуже маленьких і середніх розмірів 0,25–3,0 мм є майже однаковим 42,5 і 45,2 %, що свідчить про високий ступінь структурності ґрунтів. На кінець IX ротації кількість великих (65,6 %) агрегатів значно перевищує кількість дуже маленьких і середніх (25,8 %) та є близькими до ґрунту під лісом (розріз № 1). За результатами мокрого просіювання спостерігається значне переважання дуже маленьких агрегатів розміром 0,25–1,0 мм над великими агрегатами (5–10 мм) за IV ротацію (44,8 і 12,0 % відповідно) при майже однаковому їх співвідношенні у ґрунті на кінець IX ротації (27,8 і 26,6 % відповідно). Кількість дуже дрібної фракції у підорному горизонті ґрунту, як IV, так і IX ротаціях помітно зростає, що свідчить про погіршення водостійкості структури (табл. 1).

За органо-мінеральної системи удобрення і періодичного вапнування  $1,0 CaCO_3$  за Нг (ОМ), також, як і на контролі, в результаті сухого просіювання вміст великих агрегатів (5–10 мм), дуже маленьких і середніх розміром 0,25–3,0 мм на кінець IV ротації є майже однаковим (48,1 і 42,5 % відповідно). За аналогічної системи

удобрення на кінець IX ротації, вміст великих агрегатів (5–10 мм) в орному горизонті майже у вісім разів переважає над середніми й дуже маленькими агрегатами розміром 0,25–3,0 мм і становить відповідно 81,1 і 11,3 %. Результати мокрого просіювання майже повністю корелюють з контролем – значне переважання дрібної фракції (0,25–1,0 мм) над великою фракцією (5–10 мм) у IV ротації відповідно 52,8 і 15,6 %, при майже однаковому їх співвідношенні в ґрунті IX ротації сівозміни (23,0 і 25,8 % відповідно).

### 1. Структурно-агрегатний склад ясно-сірого лісового поверхнево оглесного ґрунту за різних систем удобрення і вапнування ( $x \pm SD$ ).

Ротація	Система удобрення	Розмір агрегату, %			
		великі, 5–10 мм		дуже маленькі та середні, 0,25–3,0 мм	дуже маленькі 0,25–1,0 мм
		просіювання			
		сухе	мокре	сухе	мокре
IV	К	42,5±5,4 <sup>a</sup>	12,0±2,6 <sup>a</sup>	45,2±5,8 <sup>a</sup>	44,8±4,3 <sup>a</sup>
	ОМ	48,1±5,7 <sup>a</sup>	15,6±1,5 <sup>a</sup>	42,5±4,5 <sup>a</sup>	52,8±6,2 <sup>a</sup>
	М	43,1±3,2 <sup>a</sup>	16,0±2,6 <sup>a</sup>	42,4±3,8 <sup>a</sup>	52,0±5,4 <sup>a</sup>
	Л	46,2±2,3 <sup>a</sup>	17,6±1,7 <sup>a</sup>	36,0±2,3 <sup>a</sup>	32,0±2,2 <sup>b</sup>
IX	К	65,6±2,1 <sup>a</sup>	26,6±2,2 <sup>a</sup>	25,8±2,3 <sup>a</sup>	27,8±3,3 <sup>a</sup>
	ОМ	81,1±2,4 <sup>b</sup>	25,8±1,5 <sup>a</sup>	11,3±3,3 <sup>b</sup>	23,0±0,9 <sup>b</sup>
	М	88,2±0,8 <sup>c</sup>	22,8±1,2 <sup>a</sup>	25,1±1,2 <sup>a</sup>	27,6±0,3 <sup>ab</sup>
	Л	63,7±1,0 <sup>a</sup>	35,0±2,1 <sup>b</sup>	26,0±1,4 <sup>a</sup>	7,2±0,8 <sup>c</sup>

Примітка. Значення позначені тією самою літерою в сівозміні, значно не відрізняються один від одного за результатами порівняння тестом Тьюкі ( $P < 0,05$ ).

Результати аналізу показали, що за тривалого і систематичного внесення самих мінеральних добрив (М), як і на контролі, в результаті сухого просіювання в обох ротаціях вміст великих агрегатів розміром 5–10 мм та дуже маленьких і середніх розмірів (0,25–3,0 мм) значно відрізняється між собою (43,1 і 42,4 % та 88,2 і 25,1 % відповідно). За вмістом водостійких агрегатів в обох ротаціях спостерігається значне переважання дуже маленьких агрегатів розміром 0,25–1,0 мм над великими агрегатами (5–10 мм).

У структурному складі ґрунту під лісом (Л) спостерігається зниження водостійких агрегатів (вміст фракції 0,25–1,0 мм становить 32,0–7,2 %). Слід зазначити значне переважання великих (5–10 мм) водостійких агрегатів над дуже дрібними, що свідчить про кращу

водопроникність ґрунту порівняно з тривалим удобренням та періодичним вапнуванням (ОМ).

Аналіз агрохімічних властивостей досліджуваних варіантів показав, що на контролі (К) реакція ґрунтового розчину на кінець IV ротації сівозміни по всьому профілю є сильнокислою (показник  $pH_{KCl}$  коливається у межах 3,90–4,47). На кінець IX ротації значення величини  $pH_{KCl}$  є дещо вищими і становлять 4,13–4,47, проте реакція ґрунтового розчину залишилася сильнокислою. Гідролітична кислотність в обох ротаціях має тенденцію до зниження вниз по профілю з максимальними величинами в шарі 0–30 см. На кінець IV ротації її показники є дещо вищими (2,28–6,04 мг-екв/100 г ґрунту) ніж на кінець IX ротації (1,40–5,11 мг-екв/100 г ґрунту), що свідчить про дуже сильно кислу реакцію (табл. 2, 3).

## 2. Фізико-хімічні властивості генетичних горизонтів ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за різних систем удобрення і вапнування на кінець IV ротації сівозміни

Глибина відбору зразка, см	Система удобрення	$pH_{KCl}$	Нг		$Al^{3+}$ мг/кг ґрунту	Гумус %
			мг-екв/100 г ґрунту			
0–30	К	3,99±0,13 <sup>a</sup>	6,04±0,12 <sup>a</sup>	1,6±0,3 <sup>a</sup>	157,8±22,3 <sup>a</sup>	1,44±0,08 <sup>a</sup>
	ОМ	5,51±0,09 <sup>b</sup>	2,19±0,12 <sup>b</sup>	5,0±0,3 <sup>b</sup>	1,4±0,7 <sup>b</sup>	1,73±0,08 <sup>b</sup>
	М	3,73±0,17 <sup>a</sup>	6,06±0,11 <sup>a</sup>	1,2±0,3 <sup>a</sup>	149,8±9,0 <sup>a</sup>	1,55±0,06 <sup>a</sup>
	Л	3,85±0,04 <sup>a</sup>	9,26±0,10 <sup>c</sup>	3,48±0,1 <sup>c</sup>	303,1±7,0 <sup>c</sup>	1,88±0,04 <sup>c</sup>
30–60	К	4,40±0,03 <sup>a</sup>	4,39±0,09 <sup>a</sup>	1,0±0,3 <sup>a</sup>	123,3±15,1 <sup>a</sup>	0,88±0,04 <sup>a</sup>
	ОМ	4,50±0,10 <sup>a</sup>	3,29±0,18 <sup>b</sup>	3,2±0,1 <sup>b</sup>	16,7±3,9 <sup>b</sup>	0,97±0,04 <sup>a</sup>
	М	4,10±0,09 <sup>b</sup>	4,32±0,07 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	122,2±11,3 <sup>a</sup>	0,85±0,01 <sup>a</sup>
	Л	3,93±0,06 <sup>b</sup>	5,72±0,06 <sup>c</sup>	2,46±0,1 <sup>c</sup>	215,8±9,0 <sup>c</sup>	0,93±0,07 <sup>a</sup>
60–90	К	3,90±0,10 <sup>ac</sup>	4,18±0,18 <sup>a</sup>	7,4±0,4 <sup>a</sup>	122,1±9,5 <sup>a</sup>	0,48±0,03 <sup>a</sup>
	ОМ	4,27±0,13 <sup>b</sup>	3,40±0,09 <sup>b</sup>	6,9±0,1 <sup>a</sup>	44,5±4,3 <sup>b</sup>	0,79±0,05 <sup>b</sup>
	М	4,20±0,05 <sup>a</sup>	3,68±0,07 <sup>b</sup>	1,2±0,4 <sup>b</sup>	92,5±7,2 <sup>a</sup>	0,71±0,05 <sup>b</sup>
	Л	3,90±0,06 <sup>c</sup>	5,32±0,07 <sup>c</sup>	2,28±0,1 <sup>c</sup>	197,6±10,9 <sup>c</sup>	0,53±0,04 <sup>a</sup>
90–120	К	4,22±0,11 <sup>ab</sup>	2,36±0,19 <sup>a</sup>	7,4±0,1 <sup>a</sup>	23,6±3,5 <sup>a</sup>	0,35±0,05 <sup>a</sup>
	ОМ	4,40±0,02 <sup>a</sup>	2,08±0,08 <sup>a</sup>	7,6±0,2 <sup>a</sup>	14,2±2,1 <sup>a</sup>	0,76±0,02 <sup>b</sup>
	М	4,17±0,14 <sup>ab</sup>	4,69±0,18 <sup>b</sup>	6,4±0,2 <sup>b</sup>	133,9±22,4 <sup>b</sup>	0,77±0,04 <sup>b</sup>
	Л	4,00±0,06 <sup>b</sup>	4,13±0,04 <sup>c</sup>	1,22±0,1 <sup>c</sup>	105,8±8,4 <sup>b</sup>	0,46±0,04 <sup>a</sup>
120–150	К	4,47±0,09 <sup>a</sup>	2,28±0,07 <sup>a</sup>	8,6±0,3 <sup>a</sup>	25,0±5,2 <sup>a</sup>	–
	ОМ	4,45±0,01 <sup>a</sup>	2,53±0,12 <sup>a</sup>	10,0±0,5 <sup>b</sup>	22,6±2,9 <sup>a</sup>	0,68±0,04 <sup>a</sup>
	М	4,00±0,07 <sup>b</sup>	3,57±0,08 <sup>b</sup>	6,4±0,2 <sup>c</sup>	96,8±4,7 <sup>b</sup>	0,39±0,03 <sup>b</sup>
	Л	4,12±0,05 <sup>b</sup>	3,36±0,04 <sup>b</sup>	0,91±0,1 <sup>d</sup>	76,7±6,4 <sup>b</sup>	–

Примітка. Значення позначені тією самою літерою в сівозміні, значно не відрізняються один від одного за тестом Тьюкі ( $P < 0,05$ ).



Суму увібраних основ на контролі в обох ротаціях можна охарактеризувати як дуже низьку і низьку з деяким збільшенням вниз по профілю. Її значення коливаються у межах 1,0–8,0 мг-екв/100 г ґрунту, тільки на глибині 60–90 см в ІХ ротації характеризується середньою величиною суми.

Вміст рухомого алюмінію на контролі в обох ротаціях знижується вниз по профілю, проте його значення у варіанті без добрив на кінець ІV ротації є дещо вищими порівняно з ІХ ротацією.

Вміст гумусу в горизонті НЕg1 обох ротацій є низьким (1,40–1,48 %). Нижчі горизонти є безгумусними (вміст гумусу не перевищує 1 %) (табл. 3).

### 3. Фізико-хімічні властивості генетичних горизонтів ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за різних систем удобрення і вапнування на кінець ІХ ротації сівозміни

Глибина відбору зразка, см	Система удобрення	pH <sub>KCl</sub>	Нг		Al <sup>3+</sup> мг/кг ґрунту	Гумус %
			мг-екв/100 г ґрунту			
0–30	К	4,22±0,14 <sup>a</sup>	5,11±0,59 <sup>a</sup>	3,0±0,1 <sup>a</sup>	110,3±15,3 <sup>a</sup>	1,48±0,04 <sup>a</sup>
	ОМ	5,18±0,10 <sup>b</sup>	2,77±0,22 <sup>b</sup>	10,6±0,5 <sup>b</sup>	26,1±1,4 <sup>b</sup>	1,90±0,05 <sup>b</sup>
	М	4,03±0,07 <sup>a</sup>	5,11±0,92 <sup>a</sup>	3,0±0,5 <sup>a</sup>	75,2±5,1 <sup>c</sup>	1,57±0,03 <sup>a</sup>
	Л	3,72±0,12 <sup>c</sup>	9,73±0,08 <sup>c</sup>	1,1±0,2 <sup>a</sup>	210,6±1,7 <sup>d</sup>	2,07±0,08 <sup>b</sup>
30–60	К	4,31±0,09 <sup>a</sup>	3,58±0,42 <sup>a</sup>	5,2±0,5 <sup>a</sup>	65,3±1,9 <sup>a</sup>	0,48±0,03 <sup>a</sup>
	ОМ	4,90±0,12 <sup>b</sup>	3,11±0,05 <sup>a</sup>	8,5±0,2 <sup>b</sup>	71,1±9,3 <sup>a</sup>	0,83±0,15 <sup>b</sup>
	М	4,17±0,04 <sup>a</sup>	4,54±0,06 <sup>b</sup>	1,5±0,1 <sup>c</sup>	126,5±3,8 <sup>b</sup>	0,63±0,06 <sup>a</sup>
	Л	3,86±0,04 <sup>c</sup>	6,49±0,01 <sup>c</sup>	0,9±0,2 <sup>c</sup>	183,0±0,9 <sup>c</sup>	1,23±0,06 <sup>c</sup>
60–90	К	4,13±0,18 <sup>a</sup>	4,20±0,17 <sup>ac</sup>	10,4±1,2 <sup>a</sup>	91,8±0,2 <sup>a</sup>	0,28±0,02 <sup>a</sup>
	ОМ	4,78±0,21 <sup>b</sup>	3,46±0,21 <sup>a</sup>	9,0±1,9 <sup>a</sup>	79,7±1,6 <sup>a</sup>	0,64±0,10 <sup>bc</sup>
	М	4,00±0,02 <sup>ac</sup>	5,25±0,06 <sup>b</sup>	5,7±0,2 <sup>b</sup>	148,1±3,0 <sup>b</sup>	0,37±0,03 <sup>ac</sup>
	Л	3,78±0,02 <sup>c</sup>	4,51±0,04 <sup>bc</sup>	1,0±0,1 <sup>c</sup>	90,1±1,3 <sup>a</sup>	0,53±0,07 <sup>c</sup>
90–120	К	4,22±0,08 <sup>a</sup>	3,23±0,10 <sup>a</sup>	6,9±0,1 <sup>a</sup>	68,4±1,7 <sup>a</sup>	0,28±0,01 <sup>a</sup>
	ОМ	4,90±0,13 <sup>b</sup>	3,15±0,04 <sup>a</sup>	11,9±0,8 <sup>b</sup>	43,2±5,8 <sup>b</sup>	0,55±0,06 <sup>b</sup>
	М	4,07±0,10 <sup>ac</sup>	2,97±0,02 <sup>a</sup>	8,0±1,3 <sup>a</sup>	66,2±2,8 <sup>a</sup>	0,26±0,02 <sup>a</sup>
	Л	3,83±0,01 <sup>c</sup>	4,60±1,14 <sup>b</sup>	6,8±0,2 <sup>a</sup>	77,7±3,4 <sup>a</sup>	0,33±0,05 <sup>a</sup>
120–150	К	4,47±0,03 <sup>a</sup>	1,40±0,04 <sup>a</sup>	6,0±0,7 <sup>a</sup>	27,5±2,0 <sup>a</sup>	0,47±0,02 <sup>a</sup>
	ОМ	4,85±0,06 <sup>b</sup>	2,98±0,01 <sup>b</sup>	16,3±1,2 <sup>b</sup>	32,4±4,2 <sup>a</sup>	0,51±0,00 <sup>a</sup>
	М	4,04±0,05 <sup>c</sup>	2,97±0,10 <sup>b</sup>	13,8±0,3 <sup>c</sup>	54,5±6,1 <sup>b</sup>	0,21±0,01 <sup>b</sup>
	Л	3,83±0,05 <sup>c</sup>	3,79±0,04 <sup>b</sup>	11,2±0,4 <sup>d</sup>	53,7±0,1 <sup>b</sup>	0,29±0,07 <sup>b</sup>

Примітка. Значення позначені тією самою літерою в сівозміні, значно не відрізняються один від одного за тестом Тьюкі (P<0,05).

За тривалого внесення в ґрунт  $N_{65}P_{68}K_{68}$  10 т/га гною на фоні 1,0 н  $CaCO_3$  (ОМ) реакція ґрунтового розчину гумусово-елювіальних горизонтів в обох ротаціях є слабокислою ( $pH_{KCl} - 5,18-5,51$ ). Проте за цієї системи удобрення і вапнування на кінець IV ротації показник  $pH_{KCl}$  по профілю різко знижується до сильнокислої, а на кінець IX поступово зміщується до середньокислої. Водночас гідролітична кислотність в обох ротаціях на відміну від контролю коливається від низької до середньої з максимальними значеннями в середній частині профілю.

Сума увібраних основ за внесення в ґрунт  $N_{70}P_{90}K_{90} + 10$  т/га гною +  $CaCO_3$  (1,0 н Нг) на кінець IV ротації сівозміни коливається від дуже низької у верхній частині профілю до низької – в слабоїлювіюваній материнській породі Pgl (3,2–10,0 мг-екв/100 г ґрунту). На кінець IX ротації за аналогічної системи удобрення та вапнування значення суми увібраних основ є значно вищими й оцінюються як низькі та середні (7,5–18,9 мг-екв/100 г ґрунту), однак їх профільний розподіл подібний до профільного розподілу кінця IV ротації сівозміни.

Вміст рухомого алюмінію в обох ротаціях за органо-мінерального удобрення і вапнування є нижчим, ніж на контролі. Найвищі значення спостерігаються в середній частині профілю, нижчі – у верхній і нижній його частині. Зменшення вмісту алюмінію за внесення вапна, ймовірно, спричинене “зв’язуванням” його лабільних фракцій. Тривале вапнування знизило загальну кількість некрystalічного  $Al^{3+}$ , органо-Al комплексів різної стабільності, а також обмінного Al в орному горизонті.

Вміст гумусу під впливом органо-мінеральної системи удобрення і вапнування (ОМ) в шарі 0–30 см зріс до 1,73 % на кінець IV ротації та до 1,90 % в кінці IX ротації за вмісту на контролі відповідно за ротаціями 1,44–1,48 %; нижче – генетичні горизонти безгумусні (< 1 %).

Дослідження показали, що на кінець IV ротації за внесення в ґрунт самих мінеральних добрив у дозі  $N_{140}P_{180}K_{180}$  (М) реакція ґрунтового розчину по всьому профілю є сильнокислою (показник  $pH_{KCl}$  коливається у межах 3,73–4,20). За тривалого внесення самих мінеральних добрив у дозі  $N_{65}P_{68}K_{68}$  на кінець IX ротації значення  $pH_{KCl}$  коливаються у межах 3,98–4,17, що відповідає сильнокислій реакції рН. Гідролітична кислотність в обох ротаціях знижується вниз по профілю. Проте у верхньому горизонті кінця IV ротації показник Нг є дуже високим (6,06 мг-екв/100 г ґрунту), вниз по профілю – середнім і високим. У верхніх шарах на кінець IX ротації показник

гідролітичної кислотності є високим (5,11–5,20 мг-екв/100 г ґрунту), нижче – від низького до високого.

Суму увібраних основ в обох ротаціях можна охарактеризувати як дуже низьку у верхній частині профілю (0,8–4,54 мг-екв/100 г ґрунту) і низьку та середню – у нижній (5,70–15,2 мг-екв/100 г ґрунту).

Вміст рухомого алюмінію в ґрунті і його профільний розподіл на кінець IV ротації за мінеральної системи удобрення приблизно корелює з контролем (67,4–149,8 мг/кг). Дещо нижчі, але схожі значення спостерігаються на кінець IX ротації сівозміни (36,0–148,1 мг/кг).

Вміст гумусу в ґрунтовій товщі за мінерального удобрення майже не відрізняється від контролю та інших варіантів. В обох ротаціях у гумусовому горизонті вміст гумусу є низьким (1,45–1,57 %), з глибиною – генетичні горизонти безгумусні (<1 %) (табл. 2, 3).

Порівнюючи реакцію ґрунтового розчину ґрунтів під лісом (Л), можна констатувати, що агроценози порівняно із лісовими ценозами позитивно впливають на кислотно-основні властивості ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів. Так, реакція ґрунтового розчину у ґрунті під лісом і перелогом по всьому профілю сильно кисла ( $\text{pH}_{\text{KCl}} - 3,72 - 3,93$ ).

Аналогічну динаміку можна спостерігати й в профільному розподілі гідролітичної кислотності. У досліджуваному ґрунті цей показник знижується вниз по профілю. Гідролітична кислотність в гумусово-елювіальному горизонті є дуже високою (9,26–9,73 мг-екв/100 г ґрунту), до ґрунтової породи поступово змінюється на середню (3,36–3,79 мг-екв/100 г ґрунту).

Сума увібраних основ в ґрунтах під лісом на кінець IX є дуже низькою (0,9–1,1 мг-екв/100 г ґрунту) – у верхніх горизонтах, і низька та середня (6,8–13,7 мг-екв/100 г ґрунту) – у нижніх.

Вміст рухомого алюмінію корелює з кислотністю ґрунтів, тому закономірно, що у ґрунті під лісом його кількість є високою (303,1 мг/кг на кінець IV ротації та 210,6 мг/кг ґрунту на кінець IX ротації). З глибиною його вміст різко зменшується.

За вмістом гумусу верхній шар лісового ґрунту є низькогумусним (2,07–1,88 %), а нижчі горизонти – безгумусні (<1 %) (табл. 2, 3).

**Висновки.** Таким чином, для збереження та нарощення ґрунтово-земельних ресурсів ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, родючість якого залежить від сезонного перезволоження й надлишкової кислотності, в комплексі першочергових агрозаходів є тривале і системне внесення 1,0 н  $\text{CaCO}_3$ ,

10 т/га гною та однієї (помірної) норми повного мінерального добрива ( $N_{65}P_{68}K_{68}$ ). Ця система удобрення має найбільший позитивний на структурно-агрегатний стан ґрунту порівняно з контролем (без внесення добрив) і найбільшою мірою позитивно впливає на поліпшення фізико-хімічних властивостей ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту ніж мінеральна система удобрення.

Водночас тривале та систематичне внесення виключно мінеральних добрив у подвійних нормах для компенсації відсутності органічних добрив різними дозами спричиняє погіршення структури й фізико-хімічних показників ґрунту до рівня не удобрюваного контролю.

Тому, для кислого, сезонно оглеєного ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залишається перспективним проводити подальші дослідження варіантів заміни гною іншими видами органічних добрив.

#### Список використаної літератури

1. Меліорація кислих ґрунтів – сучасні думки та шляхи вперед / Р. С. Трускавецький та ін. *Агрохімія та ґрунтознавство*. 2018. Вип. 87. С. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss87-02>.
2. Системний підхід в агроекології: дослідницький і навчальний аспекти / В. В. Снітинський та ін. *Вісник ЛНАУ : Агрономія*. 2019. № 20. С. 6–20. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.034>.
3. Трускавецький Р., Зубковська В., Хижняк І. Інноваційні моделі управління родючістю ґрунтів. *Вісник ЛНАУ : Агрономія*. 2020. № 24. С. 181–186. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.181>.
4. Arandjelovic B., Bogunovich D. City Profile: Berlin. 2014. *Cities*. Vol. 37. P. 1–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.10.007>.
5. Assessing Nature's Contributions to People / Diaz S. et al. *Science*. 2018. Vol. 359 (6373). P. 270–272. DOI: 10.1126/science.aap8826.
6. Balanced fertilization along with farmyard manures enhances abundance of microbial groups and their resistance and resilience against heat stress in a semiarid Inceptisol / S. Kumar et al. *Communications Soil and Science Plant Analysis*. 2013. Vol.

#### References

1. Acid soils amelioration – modern opinions and ways forward / R. S. Truskavetskyi et al. *Ahrokhimiia ta gruntoznavstvo*. 2018. Issue. 87. P. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss87-02>.
2. System approach in agroecology: research and educational aspects / V. V. Snitynskyi et al. *Visnyk LNAU : Ahronomiia*. 2019. No 20. P. 6–20. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.034>.
3. Truskavetskyi R., Zubkovska V., Khyzhniak I. Innovative models of soil fertility elements management. *Visnyk LNAU : Ahronomiia*. 2020. No 24. P. 181–186. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.181>.
4. Arandjelovic B., Bogunovich D. City Profile: Berlin. 2014. *Cities*. Vol. 37. P. 1–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.10.007>.
5. Assessing Nature's Contributions to People / S. Diaz et al. *Science*. 2018. Vol. 359 (6373). P. 270–272. DOI: 10.1126/science.aap8826.
6. Balanced fertilization along with farmyard manures enhances abundance of microbial groups and their resistance and resilience against heat stress in a semiarid Inceptisol / S. Kumar

- 44 (15). P. 2299–2313. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2013.803562>.
7. Bát'ková K., Mihalikova M., Matula S. Hydraulic Properties of a Cultivated Soil in Temperate Continental Climate Determined by Mini Disk Infiltrometer. *Water*. 2020. Vol. 12 (3). P. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12030843>.
8. Chendev Yu., Burras C., Sauer T. Transformation of Forest Soils in Iowa (United States) under the Impact of Long Term Agricultural Development. *Eurasian Soil Science*. 2012. Vol. 45 (4). P. 357–367. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229312040035>.
9. Fan J., Ding W., Ziadi N. Thirty-Year Manuring and Fertilization Effects on Heavy Metals in Black Soil and Soil Aggregates in Northeastern China. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2013. Vol. 44 (7). P. 1224–1241. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.756002>.
10. Goulding K. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use and Management*. 2016. Vol. 32 (3). P. 390–399. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12270>.
11. Havlin J., Heiniger R. Soil Fertility Management for Better Crop Production. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (9). P. 1349. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091349>.
12. Influence of Altitude on Biochemical Properties of European Forest Soils / M. De Feudis et al. *Forests*. 2017. Vol. 8. P. 213. DOI: <https://doi.org/10.3390/f8060213>.
13. Li J., Nie M., Pendall E. Soil physico-chemical properties are more important than microbial diversity and enzyme activity in controlling carbon and nitrogen stocks near Sydney, Australia. *Geoderma*. 2020. Vol. 366. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114201>.
14. Long-term Impact of Road Salt (NaCl) on Soil and Urban Trees in Edmonton, Canada / M. A. Equiza et al. *Urban For. Urban Green*. 2017. Vol. 21. P. 16–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.003>.
15. Long-term phosphorus fertilisation increased the diversity of the total bacterial community and the phosphorus mineraliser et al. *Communications Soil and Science Plant Analysis*. 2013. Vol. 44 (15). P. 2299–2313. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2013.803562>.
7. Bát'ková K., Mihalikova M., Matula S. Hydraulic Properties of a Cultivated Soil in Temperate Continental Climate Determined by Mini Disk Infiltrometer. *Water*. 2020. Vol. 12 (3). P. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12030843>.
8. Chendev Yu., Burras C., Sauer T. Transformation of Forest Soils in Iowa (United States) under the Impact of Long Term Agricultural Development. *Eurasian Soil Science*. 2012. Vol. 45 (4). P. 357–367. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229312040035>.
9. Fan J., Ding W., Ziadi N. Thirty-Year Manuring and Fertilization Effects on Heavy Metals in Black Soil and Soil Aggregates in Northeastern China. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2013. Vol. 44 (7). P. 1224–1241. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.756002>.
10. Goulding K. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use and Management*. 2016. Vol. 32 (3). P. 390–399. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12270>.
11. Havlin J., Heiniger R. Soil Fertility Management for Better Crop Production. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (9). P. 1349. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091349>.
12. Influence of Altitude on Biochemical Properties of European Forest Soils / De Feudis M. et al. *Forests*. 2017. Vol. 8. P. 213. DOI: <https://doi.org/10.3390/f8060213>.
13. Li J., Nie M., Pendall E. Soil physico-chemical properties are more important than microbial diversity and enzyme activity in controlling carbon and nitrogen stocks near Sydney, Australia. *Geoderma*. 2020. Vol. 366. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114201>.
14. Long-term Impact of Road Salt (NaCl) on Soil and Urban Trees in

- group in pasture soils / H. Tan et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2013. Vol. 49 (6). P. 661–672. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-012-0755-5>.
16. Masionytė L., Maikštėnienė S. The effect of alternative cropping systems on the changes of the main nutritional elements in the soil. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2016. Vol. 103 (1). P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.001>.
17. Neina D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*. 2019. Vol. 2019. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>.
18. Nosko B. The formation of the agrogenic typical chernozem profile in the Ukrainian forest-steppe after plowing virgin steppe and fallow soils. *Eurasian Soil Sci*. 2013. Vol. 46 (3). P. 325–336. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229313030058>.
19. Organic farming for crop improvement and sustainable agriculture in the era of climate change / R. Roychowdhury et al. *Journal of Biological Sciences*. 2013. Vol. 13 (2). P. 55–70. DOI: <http://dx.doi.org/10.3844/ojbsci.2013.50.65>.
20. Pitty A. Soil organic matter. Geography and Soil Properties. *Routledge*. 2020. No. 15 P. 302. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429299315-3>.
21. Relationship between spring barley productivity and growing management in Lithuania's lowland / V. Povilaitis et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2018. Vol. 68 (1). P. 86–95. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1367834>.
22. Repsiene R., Karcauskiene D. Changes in the chemical properties of acid soil and aggregate stability in the whole profile under long-term management history. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2016. Vol. 66 (8). P. 671–676. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1200130>.
23. Soil organic carbon as affected by land use in young and old reclaimed regions of a coastal estuary wetland, China / J. Bai et al. *Soil Use Manage*. 2013. Vol. 29 (1). P. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12021>.
- Edmonton, Canada / M. A. Equiza et al. *Urban For. Urban Green*. 2017. Vol. 21. P. 16–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.11.003>.
15. Long-term phosphorus fertilisation increased the diversity of the total bacterial community and the phosphorus mineraliser group in pasture soils / H. Tan et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2013. Vol. 49 (6). P. 661–672. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-012-0755-5>.
16. Masionytė L., Maikštėnienė S. The effect of alternative cropping systems on the changes of the main nutritional elements in the soil. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2016. Vol. 103 (1). P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.001>.
17. Neina D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*. 2019. Vol. 2019 P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>.
18. Nosko B. The formation of the agrogenic typical chernozem profile in the Ukrainian forest-steppe after plowing virgin steppe and fallow soils. *Eurasian Soil Sci*. 2013. Vol. 46 (3). P. 325–336. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229313030058>.
19. Organic farming for crop improvement and sustainable agriculture in the era of climate change / R. Roychowdhury et al. *Journal of Biological Sciences*. 2013. Vol. 13 (2). P. 55–70. DOI: <http://dx.doi.org/10.3844/ojbsci.2013.50.65>.
20. Pitty A. Soil organic matter. Geography and Soil Properties. *Routledge*. 2020. No. 15 P. 302. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429299315-3>.
21. Relationship between spring barley productivity and growing management in Lithuania's lowland / V. Povilaitis et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2018. Vol. 68 (1). P. 86–95. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1367834>.
22. Repsiene R., Karcauskiene D.

24. Soil Quality and Plant Nutrition / H. R. El-Ramady et al. *Sustainable Agriculture Reviews*. 2014. Vol. 14. P. 345–447. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06016-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06016-3_11).
25. Soil Quality Attributes Related to Urbanization in Brazilian / A. M. Silva et al. *Watershed. J. Environ. Eng. Landscape Manage.* 2017. Vol. 25 (4). P. 317–328. DOI: <https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1296451>.
26. The effects of agrogenic transformation on soil profile morphology, organic carbon and physico-chemical properties in Retisols of Western Lithuania / J. Volungevicius et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2018. Vol. 64 (13). P. 1910–1923. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1467006>.
27. The Future Challenges of Food and Agriculture: An Integrated Analysis of Trends and Solutions / O. Calicioglu et al. *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (1). P. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11010222>.
28. The problem of soil interpretation according to the WRB 2014 classification system in the context of anthropogenic transformations / J. Volungevicius et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2016. Vol. 66 (5). P. 452–460. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1164231>.
29. Veenstra J., Burras C. Soil profile transformation after 50 years of agricultural land use. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2015. Vol. 79 (4). P. 1154–1162. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.01.0027>.
30. What does urbanization actually mean? A framework for urban metrics in wildlife research / J. Moll et al. *J. Appl. Ecol.* 2019. Vol. 56 (5). P. 1289–1300. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13358>.
- Changes in the chemical properties of acid soil and aggregate stability in the whole profile under long-term management history. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2016. Vol. 66 (8). P. 671–676. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1200130>.
23. Soil organic carbon as affected by land use in young and old reclaimed regions of a coastal estuary wetland, China / J. Bai et al. *Soil Use Manage.* 2013. Vol. 29 (1). P. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12021>.
24. Soil Quality and Plant Nutrition / H. R. El-Ramady et al. *Sustainable Agriculture Reviews*. 2014. Vol. 14. P. 345–447. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06016-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06016-3_11).
25. Soil Quality Attributes Related to Urbanization in Brazilian / A. M. Silva et al. *Watershed. J. Environ. Eng. Landscape Manage.* 2017. Vol. 25 (4). P. 317–328. DOI: <https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1296451>.
26. The effects of agrogenic transformation on soil profile morphology, organic carbon and physico-chemical properties in Retisols of Western Lithuania / J. Volungevicius et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2018. Vol. 64 (13). P. 1910–1923. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1467006>.
27. The Future Challenges of Food and Agriculture: An Integrated Analysis of Trends and Solutions / Calicioglu O. et al. *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (1). P. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11010222>.
28. The problem of soil interpretation according to the WRB 2014 classification system in the context of anthropogenic transformations / J. Volungevicius et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2016. Vol. 66 (5). P. 452–460. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1164231>.
29. Veenstra J., Burras C. Soil profile transformation after 50 years of agricultural land use. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2015. Vol. 79(4). P. 1154–1162. DOI:

<https://doi.org/10.2136/sssaj2015.01.0027>

30. What does urbanization actually mean? A framework for urban metrics in wildlife research / J. Moll et al. *J. Appl. Ecol.* 2019. Vol. 56 (5). P. 1289–1300. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13358>.

Отримано 28 лютого 2023 р.  
Погоджено до друку 8 березня 2023 р.