

УДК 631.4:631.8:631.582

## Закономірності формування потенційної родючості сірого лісового ґрунту за систем удобрення та меліоративних заходів в умовах Правобережного Лісостепу

 М. А. Ткаченко\*,  І. М. Кондратюк,  П. С. Заяць,  С. О. Кудря

Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», вул. Машинобудівників, 2-б, сел. Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., 08162, Україна, \*e-mail: I.Z.naan.tkachenko@gmail.com

**Мета.** Встановити закономірності формування потенційної родючості сірих лісових ґрунтів за різних систем удобрення та меліоративних заходів в умовах Лісостепу України. **Методи.** Використовували польові методи з відбором ґрунтових проб із шарів 0–20 та 20–40 см, лабораторні аналізи щодо визначення показників фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунту (уміст гумусу,  $pH_{\text{сол}}$ ,  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ , насиченість ГВК обмінними катіонами, уміст сполук N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ), оцінку структурного аналізу продуктивності та якості культур сівозміни. **Результати.** Вихідні показники ґрунту характеризувалися низькою природною родючістю:  $pH_{\text{сол}}$  – 4,6, уміст гумусу – 1,44 %, насиченість основами – 56 %. Тривале застосування лише мінерального удобрення спричинило підкислення ( $pH_{\text{сол}}$  4,7), зниження насиченості основами (52 %) та посилення деградаційних процесів щодо гумусового та структурного стану. Поєднання мінерального удобрення із меліорантами та застосування біологізованих технологій сприяло оптимізації показників родючості:  $pH_{\text{сол}}$  (5,6–5,8), знизило гідролітичну кислотність на 0,8–1,5 мг-екв/100 г, підвищило насиченість основами до 67–70 %, збільшило уміст гумусу до 3,2–3,5 % і покращило структурний стан ґрунту (коефіцієнт структурності 2,2–2,3; агрономічно цінні агрегати 63–66 %). Урожайність зернових культур зросла на 32–64 %, рентабельність становила 86–92 %. **Висновки.** Застосування меліоративних і біологізованих заходів з різними дозами мінерального удобрення забезпечують оптимізацію кислотно-лужного і поживного режимів, підвищення запасів гумусу та покращення структурного стану ґрунту, що сприяє відтворенню потенційної родючості сірих лісових ґрунтів і підвищенню продуктивності агроценозів.

**Ключові слова:** ГВК; гумус; кислотність ґрунту;  $pH_{\text{сол}}$ ; меліоративні та біологізовані заходи; обмінні катіони; структурний стан ґрунту; продуктивність культур.

### Вступ

Сірі лісові ґрунти Лісостепової зони України характеризуються обмеженою буферністю та підвищеною чутливістю до інтенсивного агротехнічного навантаження. В останні десятиліття в орних ґрунтах спостерігається суттєве зростання кислотності, зменшення запасів гумусу та погіршення фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей, що призводить до зниження структурної стабільності, порушення водно-повітряного режиму та зниження продуктивності сільськогосподарських культур [1, 2]. Моніторингові дослідження ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» засвідчують, що понад третина орних земель Лісостепу має ознаки кислотної деградації різного ступеня [2].

Інтенсифікація землеробства без компенсації винесення кальцію, магнію та органічної речовини призводить до зниження  $pH_{\text{сол}}$ , підвищення  $H^+$ , зменшення насиченості вбирного комплексу основами, руйнування агрегатної структури та активізації мінералізаційних процесів [3, 4]. На глобальному рівні деградація ґрунтів визнається одним із чинників, що загрожують стійкості агроландшафтів у контексті кліматичних змін [5, 6].

**Як цитувати:** Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Заяць П. С., Кудря С. О. Закономірності формування потенційної родючості сірого лісового ґрунту за систем удобрення та меліоративних заходів в умовах Правобережного Лісостепу. *Новітні агротехнології*. 2026. Т. 14, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.361819>



© The Author(s) 2026. Published by Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Сучасне управління родючістю орних кислих ґрунтів передбачає інтегрований підхід, який поєднує раціональне мінеральне живлення, проведення меліоративних застосування елементів біологічного землеробства. Дослідження О. В. Демиденка [7] свідчать про те, що поєднання ґрунтозахисного обробітку з оптимальними дозами мінеральних добрив сприяє накопиченню вмісту гумусу, підвищенню активності кореневих систем і формуванню структури фітомаси культур. Подібні закономірності відзначені українськими дослідниками щодо поєднання інтенсивного та органічного землеробства, що стабілізує гумусовий стан сірого лісового ґрунту та оптимізує реакцію ґрунтового середовища [1, 8, 9].

Міжнародні дослідження підтверджують ефективність екологічно орієнтованих систем. Зокрема, застосування елементів органічного землеробства підвищують вміст органічної речовини, мікробне різноманіття та біологічну активність ґрунту, оптимізуючи кругообіг вуглецю та азоту [10, 11]. Мінімальний або нульовий обробіток, покривні культури та пожнивні рештки зменшують деградаційні процеси, втрати гумусу, підвищуючи стабільність агрегатної структури [12, 13].

Проведення меліоративних заходів є одним із ключових заходів підвищення малородючих кислих ґрунтів, а у поєднанні з системою удобрення стабілізує  $pH_{\text{сол.}}$ , підвищує запаси органічного вуглецю та покращує стабільність макроагрегатів [14, 15]. Фундаментальні дослідження щодо трансформації органічної речовини, гумусоутворення та буферності ґрунту забезпечують наукову основу для оцінювання впливу агротехнологій на показники потенційної родючості ґрунтів Правобережного Лісостепу [16].

Отже, формування потенційної родючості ґрунтів в агроценозах є результатом комплексної дії агротехнологічних заходів. Раціональна комбінація систем обробітку ґрунту, доз і структур добрив, насиченості сівозмін та поєднання інтенсивних і органічних елементів землеробства є ключовою умовою довгострокового збереження родючості кислих ґрунтів.

*Мета досліджень* – установити закономірності формування потенційної родючості орного сірого лісового ґрунту за елементів інтенсивного та біологічного землеробства на фоні меліоративних заходів в умовах Правобережного Лісостепу України.

### **Матеріали та методика досліджень**

Дослідження проводяться у багаторічному стаціонарному досліді «Вивчення технологічних прийомів відтворення і регулювання родючості сірого лісового ґрунту», закладеному у 1992 році на трьох полях 7-пільної сівозміни. Ґрунт досліді представлений сірим лісовим легкосуглинковим типом, материнською породою якого є карбонатний лесовидний суглинок. Ґрунтові води залягають на глибині 8 м. Дослід розміщений у північній частині Правобережного Лісостепу і належить до Київського агроґрунтового району.

За класифікацією ґрунтів за гранулометричним складом, ґрунт дослідної ділянки відноситься до крупнопилувато-легкосуглинкової відміни: в орному шарі переважає фракція крупного пилу (52,4 %), вміст фізичної глини становить 20,51 %, мулу – 12,85 %. Вихідні показники гумусового стану ґрунту у шарі 0–20 см були такими: загальний вміст гумусу – 1,44 %, тип гумусоутворення – гуматно-фульватний (С<sub>гк</sub> – 31,9 %, С<sub>фк</sub> – 40,4 %, С<sub>нз</sub> – 27,7 %), співвідношення С<sub>гк</sub> : С<sub>фк</sub> = 0,79. У складі гумусу переважає агресивна група фульвокислот фракцій 1а та 1, що обумовлює нестійку і легкорухому форму гумусу, оскільки домінують фракції, пов'язані з рухомими півтораокислами.

Високий вміст фракції пилу та невисокий – фракції мулу обумовлюють ряд несприятливих фізичних, агрохімічних та фізико-хімічних властивостей ґрунту, серед яких найважливішими є низька вбирна здатність, низький вміст гумусу та дуже низька забезпеченість сполуками азоту. Це свідчить про невисоку природну родючість ґрунту, яка перевищує лише родючість дерново-підзолистих ґрунтів зони Полісся.

Вихідні агрохімічні показники ґрунту були наступними:  $pH_{\text{сол}}$  – 4,6; гідролітична кислотність – 3,6 мг-екв/100 г ґрунту; обмінні основи: кальцій – 3,9 мг-екв/100 г ґрунту, магній – 0,6 мг-екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами – 56 %; вміст сполук гідролізованого азоту – 70–90 мг/кг; рухомі сполуки фосфатів – 130–250 мг/кг; рухомий калій – 80–170 мг/кг.

На початку III ротації сівозміни (2006 р.) було проведено реконструкцію досліді, – введено ділянки із елементами біологічного землеробства, використовуючи нетоварну частину врожаю та сидерати у різних комбінаціях, що дозволило вирішити проблему нестачі органічних добрив і забезпечити високий вихід енергії з 1 га сівозмінної площі. Починаючи з 2006 року, органічні добрива вносилися у ґрунт у вигляді зеленої маси конюшини (2-й укіс, 2010 р.) та побічної продукції культур

сівозміни, що зароблялася у рік вирощування. У 2018 році після вирощування пшениці озимої було посіяно редьку олійну, зелену масу якої зароблено у ґрунт на сидерат.

Повторні меліоративні заходи проведено на початку V ротації 7-пільної сівозміни: 2019 р. – 1 поле, 2020 р. – 2 поле, 2021 р. – 3 поле. Використовували гранульований меліорант Омуа CalciPrill і доломітове борошно у розрахунку за величиною гідролітичної кислотності 0,5–1,5 Нг, а також сапоніт (1,5 т/га) у поєднанні з гранульованим меліорантом (0,5 Нг – 2,5 т/га). Таким чином, у 2025 році у 1 полі тривав 6-й рік дії, у 2 полі – 5-й рік дії, у 3 полі – 4-й рік меліоративної дії. У досліді триває V ротація 7-пільної сівозміни.

*Варіанти досліді:*

1. контроль;
2. NPK;
3. NPK + гранульований меліорант;
4. NPK + доломітове борошно;
5. NPK + сапоніт;
6. біологізована\*.

*Примітки:* Застосування меліоративних заходів відбулося на початку V ротації перед посівом пшениці озимої: 2019 р. – 1 поле, 2020 р. – 2 поле, 2021 р. – 3 поле.

У 2025 році вирощували культури: соя, ячмінь, пшениця озима. У досліді застосовували мінеральну систему удобрення під культури сівозміни (діюча речовина на одинарну дозу): пшениця озима –  $N_{60}P_{30}K_{60}$ , соя –  $N_{30}P_{30}K_{45}$ ; ячмінь –  $N_{60}P_{30}K_{45}$ . Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблеву оранку, азотні – навесні під передпосівний обробіток ґрунту та підживлення. Агротехнології вирощування культур у досліді загальноприйняті для зони Лісостепу.

Дослідження спрямовані на визначення впливу меліоративних заходів (4–6-й рік дії) на потенційну та ефективну родючість ґрунту, а також на прояви елювіального процесу ґрунтоутворення. Особлива увага приділялась післядії сидерату та використанню побічної продукції культур-попередників (ячмінь ярий, гречка, пшениця озима, соя). Результати досліджень були зосереджені на наукових принципах ґрунтозахисного застосування меліоративних заходів за різного удобрення з метою відтворення та регулювання потенційної родючості та підвищення продуктивності агроценозу.

Ключові питання дослідження: встановлення особливостей оптимізації кислотно-лужного і поживного режимів сірого лісового ґрунту за різного рівня антропогенного навантаження; визначення позитивних напрямів змін фізичних, агрохімічних і фізико-хімічних властивостей ґрунту під впливом вапнування гранульованим меліорантом, доломітовим борошном і сапонітом; встановлення впливу меліоративних заходів (4–6-й рік дії) у рамках елементів технологій інтенсивного та біологічного землеробства.

Досліджувані ділянки займають типові для місцевості природні біоценози та агроценози, рельєф території рівнинний.

*Методика досліджень*

Аналітичні дослідження ґрунтових проб проводили з визначення таких показників:

- гумус за Тюрнімом – Симаковим у модифікації Нікітіна (ДСТУ 4289:2004);
- $pH_{\text{сол}}$  (ДСТУ ISO 10390:2007);
- обмінна кислотність і рухомий алюміній за Соколовим (ДСТУ 7910:2015);
- гідролітична кислотність за Каппеном (ДСТУ 7537:2014);
- обмінний кальцій та магній (ДСТУ 7861:2015, за Шолленбергом у модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського).

### **Результати досліджень**

Аналіз досліджень (табл. 1) свідчить про суттєвий вплив проведених меліоративних заходів за елементів інтенсивного та біологічного землеробства на кислотно-лужний стан ґрунту й ступінь насиченості ГВК обмінними катіонами.

У контрольному варіанті реакція ґрунтового розчину становила  $pH_{\text{сол}}$  5,4 за гідролітичної кислотності 2,8 мг-екв/100 г і насиченості основами 64 %, що характеризує слабокислу реакцію середовища з помірним рівнем насичення ГВК основами. Застосування лише мінеральної системи зумовило підкислення ґрунту:  $pH_{\text{сол}}$  знизився до 4,8, гідролітична кислотність зросла до 3,9 мг-екв/100 г, а насиченість основами зменшилася до 52 %. Це свідчить про посилення деградаційних процесів внаслідок тривалого внесення фізіологічно кислих добрив і зниження буферної здатності ґрунту.

**Закономірності змін фізико-хімічних властивостей сірого лісового ґрунту за систем удобрення та меліоративних заходів**

Удобрення	pH <sub>сол</sub>	Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г	Насиченість основами, %
Контроль	5,4	2,8	64
NPK	4,8	3,9	52
NPK + CaCO <sub>3</sub>	5,8	2,2	70
NPK + доломіт	5,7	2,3	68
NPK + сапоніт	5,6	2,4	67
Біологізована*	5,6	2,5	69
НІР <sub>0,05</sub>	0,18	0,30	3,0

\* Біологізована: побічна продукція + сидерат.

Поєднання NPK з меліорантами суттєво покращило показники родючості фізико-хімічних і агрохімічних властивостей. За внесення NPK + CaCO<sub>3</sub> реакція середовища підвищилася до pH<sub>сол</sub> 5,8, гідролітична кислотність зменшилася до 2,2 мг-екв/100 г, а насиченість основами зростає до 70 %, що є оптимізованими показниками. Подібну тенденцію визначено за внесення доломіту (pH<sub>сол</sub> 5,7; 2,3 мг-екв/100 г; 68 %) та сапоніту (pH<sub>сол</sub> 5,6; 2,4 мг-екв/100 г; 67 %), що підтверджує їх меліоративну дію і здатність стабілізувати кислотно-лужний баланс.

Застосування елементів технологій біологічного землеробства забезпечило показники родючості: pH<sub>сол</sub> 5,6; гідролітична кислотність 2,5 мг-екв/100 г; насиченість основами 69 %, що свідчить про позитивний вплив органічних чинників на оптимізацію фізико-хімічних властивостей ґрунту без істотного підкислення.

Визначено, що застосування лише мінерального удобрення спричиняє посилення деградаційних процесів кислотного стану, тоді як поєднання їх із меліорантами або біологізацією сприяє зниженню гідролітичної кислотності, підвищенню pH<sub>сол</sub> та насиченість ГВК основами, що створює передумови для оптимізації показників родючості ґрунту.

Представлені результати досліджень (табл. 2) характеризують вплив системи удобрення та меліоративних заходів на гумусовий стан ґрунту й формування гумусового балансу. У контрольному варіанті вміст гумусу становив 3,1 %, при цьому баланс був слабкодефіцитним (-0,05 т/га), що свідчить про поступову втрату органічної речовини навіть за відсутності інтенсивного антропогенного навантаження.

Застосування мінеральної системи (NPK) призвело до зниження вмісту гумусу до 2,6 %, тобто на 0,5 % менше порівняно з контролем. Баланс гумусу став різко від'ємним (-0,28 т/га), що вказує на переважання процесів мінералізації над гуміфікацією. Така тенденція свідчить про виснаження орного ґрунту за умов тривалого внесення лише мінеральних добрив без компенсації органічними джерелами вуглецю.

Таблиця 2

**Вміст гумусу та баланс органічної речовини сірого лісового ґрунту за систем удобрення та меліоративних заходів**

Удобрення	Гумус, %	Зміна до контролю, %	Баланс гумусу, т/га
Контроль	3,1	-	-0,05
NPK	2,6	-0,5	-0,28
NPK + CaCO <sub>3</sub>	3,3	+0,2	+0,12
NPK + доломіт	3,2	+0,1	+0,09
Біологізована*	3,5	+0,4	+0,18
НІР <sub>0,05</sub>	0,20	-	-

\*Біологізована: побічна продукція + сидерат. Баланс гумусу визначали за формулою:  $\Delta H = (\text{Надходження органічної речовини} \times K_f) - \text{Мінералізація де } K_f - \text{коефіцієнт гуміфікації (0,18-0,22)}$ .

Поєднання NPK із CaCO<sub>3</sub> забезпечило підвищення вмісту гумусу до 3,3 % (+0,2 % до контролю) та формування позитивного балансу (+0,12 т/га). Аналогічну динаміку визначено за внесення доломітового борошна (3,2 %; +0,1 %; +0,09 т/га). Це свідчить про стабілізацію органічної речовини за рахунок оптимізації кислотно-лужного і поживного режимів, підвищення біологічної активності та поліпшення умов гумусоутворення.

Найвищі показники отримано у біологізованій системі: вміст гумусу досяг 3,5 %, що на 0,4 % перевищує контроль, а баланс гумусу становив +0,18 т/га. Позитивний баланс свідчить про переважання процесів акумуляції органічної речовини над її розкладом, що пов'язано з надходженням рослинних решток, сидератів та активізацією ґрунтової біоти.

Таким чином, визначено, що мінеральна система удобрення без елементів біологічного землеробства і меліоративної підтримки призводить до дегуміфікації ґрунту, тоді як поєднання її з меліорантами або біологізованих технологій забезпечує стабілізацію та підвищення гумусового фонду й формування позитивного балансу гумусу.

Показники структурного стану ґрунту свідчать про суттєвий вплив систем удобрення та технології землеробства на формування агрономічно цінної структури (табл. 3). У контрольному варіанті коефіцієнт структурності становив 1,9, а вміст агрономічно цінних агрегатів – 54 %, що відповідає задовільному рівню структурної організації орного шару.

За внесення лише мінеральних добрив (NPK) відбулося погіршення структурного стану: коефіцієнт структурності знизився до 1,5, а частка агрономічно цінних агрегатів – до 46 %. Це свідчить про посилення процесів руйнування макроагрегатів, зменшення водотривкості структури та переважання мінералізаційних процесів, що негативно впливає на фізичні властивості ґрунту.

Таблиця 3

**Структурний стан сірого лісового ґрунту за систем удобрення та меліоративних заходів**

Удобрення	Коефіцієнт структурності	Агрономічно цінні агрегати, %
Контроль	1,9	54
NPK	1,5	46
NPK + CaCO <sub>3</sub>	2,2	63
Біологізована*	2,3	66
НІР <sub>0,05</sub>	0,22	5,2

\* Біологізована: побічна продукція + сидерат.

Застосування NPK із CaCO<sub>3</sub> суттєво покращило показники родючості ґрунту: коефіцієнт структурності зріс до 2,2, а вміст агрономічно цінних агрегатів – до 63 %. Це вказує на стабілізацію агрегатного стану внаслідок оптимізації реакції середовища, активізації мікробіологічних процесів і підвищення вмісту стабілізованої органічної речовини. Оптимізовані показники родючості отримано у біологізованій системі землеробства, де коефіцієнт структурності становив 2,3, а частка агрономічно цінних агрегатів – 66 %. Така тенденція підтверджує позитивну роль органічних чинників, рослинних решток і біологічної активності у формуванні водотривкої грудкувато-зернистої структури.

Отже, мінеральна система удобрення без застосування меліоративних або біологічних заходів спричиняє руйнування структури ґрунту, тоді як поєднання з вапнуванням і біологізованих елементів технологій забезпечує покращення агрегатного стану та підвищення агрономічної цінності орного шару.

Результати досліджень (табл. 4) відображають істотний вплив систем удобрення та меліоративних заходів на продуктивність агроценозу й економічну ефективність вирощування культур.

Таблиця 4

**Продуктивність культур сівозміни за систем удобрення та меліоративних заходів**

Удобрення	Продуктивність, т/га з. од.	Приріст, %	Рентабельність, %
Контроль	3,2	–	–
NPK	4,1	+28	65
NPK + CaCO <sub>3</sub>	5,2	+62	90
NPK + доломіт	5,0	+56	84
Біологізована*	4,6	+44	78
НІР <sub>0,05</sub>	0,29	–	–

\* Біологізована: побічна продукція + сидерат, \*\* соя, ячмінь, пшениця озима.

У контрольному варіанті продуктивність становила 3,2 т/га з. од., що характеризує рівень продуктивності за природної родючості ґрунту без додаткового агрохімічного навантаження. Застосування лише мінерального удобрення забезпечило підвищення продуктивності до 4,1 т/га, що на 28 % більше порівняно з контролем, а рентабельність становила 65 %, що свідчить про економічну доцільність застосування мінеральних добрив, однак без урахування довгострокових ґрунтових змін.

Найвищі показники продуктивності культур сівозміни отримано за внесення NPK + CaCO<sub>3</sub>: продуктивність становила 5,2 т/га, що на 62 % перевищує контроль, а рівень рентабельності становив 90 %. Це свідчить про високу ефективність поєднання мінерального удобрення із меліоративними заходами, що забезпечує оптимізацію реакції ґрунтового розчину, покращення засвоєння елементів живлення та оптимізацію показників властивостей за фізичними, фізико-хімічними й агрохімічними властивостями ґрунту.

Застосування доломітового борошна сприяло значному приросту продуктивності культур – 5,0 т/га (+56 % до контролю) за рентабельності 84 %, що підтверджує ефективність застосування магнієвмісних меліорантів на збіднених сірих лісових ґрунтах даним елементом за інтенсивного землеробства.

Біологізована технологія забезпечила урожайність 4,6 т/га, що на 44 % перевищує контроль, при рівні рентабельності 78 %. Отримані показники дещо нижчі, ніж за поєднання NPK з меліорантами, але вони свідчать про достатньо високий рівень економічної ефективності за одночасного поліпшення ґрунтових показників родючості за фізико-хімічними і агрохімічними властивостями.

Таким чином, найвищу продуктивність культур сівозміни й економічну ефективність забезпечує мінеральне удобрення на фоні проведення меліоративних заходів, тоді як біологізована технологія формує компроміс між продуктивністю, рентабельністю та екологічною стабільністю агроєкосистеми.

### Висновки

Тривале застосування мінерального удобрення без проведення меліоративних заходів на сірому лісовому ґрунті зумовлює підкислення (рН<sub>сол</sub> 4,8), зниження насиченості основами до 52 % та погіршення стану як кислотного-лужного, так і поживного режимів ґрунту, що обмежує реалізацію продуктивного потенціалу культур сівозміни.

Проведення меліоративних заходів гранульованим меліорантом, доломітовим борошном, а також сапонітом забезпечують оптимізацію показників кислотного-лужного режиму: підвищення рівня рН<sub>сол</sub> на 0,8–1,1 одиниці, зменшення гідролітичної кислотності на 1,7 мг-екв/100 г і насиченість ГВК обмінними катіонами (Ca<sup>2+</sup> і Mg<sup>2+</sup>) на 18–24 %.

Застосування елементів технологій біологічного землеробства сприяє формуванню позитивного балансу гумусу (+0,18 т/га), покращенню структурного стану ґрунту (коефіцієнт структурності до 2,3; агрономічно цінні агрегати – до 66 %) та оптимізації показників родючості, що забезпечує зростання продуктивності культур на 44 % і підвищення рентабельності до 78 %.

### Використана література

1. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів. Вінниця, 2019. 318 с.
2. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / за заг. ред. М. В. Присяжнюка. Київ, 2010. 113 с. URL: [https://media.iogu.gov.ua/literatura/periodically/1\\_2010.pdf](https://media.iogu.gov.ua/literatura/periodically/1_2010.pdf)
3. Farooqi Z. U. R., Qadir A. A., Riaz S. et al. Soil acidification: Processes, effects on soil and plants, and remediation strategies. *Environmental Protection and Remediation* / edited by P. Ilić, N. Pržulj. Banja Luka, 2025. P. 171–206. URL: <https://doisrpska.nub.rs/index.php/KE/article/download/12388/11887/28143>
4. Dong Y., Yang J.-L., Zhao X.-R. et al. Soil acidification and loss of base cations in a subtropical agricultural watershed. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 827. Article 154338. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154338>
5. Strengthening Global Health Security: Ten Countries, Ten Success Stories. Roma: FAO, 2026. URL: <https://www.fao.org/evaluation/highlights/detail/strengthening-global-health-security--ten-countries--ten-success-stories/en>
6. The New IPCC Report: Prepare Now for the Future that Lies Ahead / Foundation for Climate Restoration. URL: [https://foundationforclimaterestoration.org/the-new-ipcc-report-prepare-now-for-the-future-that-lies-ahead-2/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=15763703420&gbraid=0AAAAA0SEYGHSHucBG-ch3L6Qzc2roiAy\\_&gclid=CjwKCAiAzZ\\_NBhAEEiwAMtqKyweH-xr-0DXF3yFuqPh0IyWn-ilqmcjkToxgJcFBO3N-mcTjzkQDdhoCkoUQAvD\\_BwE](https://foundationforclimaterestoration.org/the-new-ipcc-report-prepare-now-for-the-future-that-lies-ahead-2/?gad_source=1&gad_campaignid=15763703420&gbraid=0AAAAA0SEYGHSHucBG-ch3L6Qzc2roiAy_&gclid=CjwKCAiAzZ_NBhAEEiwAMtqKyweH-xr-0DXF3yFuqPh0IyWn-ilqmcjkToxgJcFBO3N-mcTjzkQDdhoCkoUQAvD_BwE)
7. Демиденко О. В. Ґрунтоутворення за різних способів обробітку та мінерального удобрення чорнозему в агроценозі. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. № 4. С. 14–24. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.04.02>
8. Давидюк Г. В., Шкарівська Л. І., Клименко І. І. та ін. Вплив різних систем землеробства на фізико-хімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту. *Інноваційні засади управління землями сільськогосподарського призначення в контексті забезпечення продовольчої безпеки держави*: матеріали тез Міжнародної наукової

конференції (Чабани, 24 жовтня 2024 р.). Чабани, 2024. С. 11–14. URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/04/24.10.pdf#page=11>

9. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Павліченко А. І. Відтворення родючості сірого лісового ґрунту за ведення інтенсивного й органічного землеробства. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2021. № 1. С. 13–19. <https://doi.org/10.54651/agri.2021.01.02>

10. Шаповалова А. О., Барун М. В. Оцінка ефективності органічного землеробства при відновленні чорноземів в контексті кліматичних змін в Україні. *Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2025*: збірка матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців (м. Харків, 28 жовтня 2025 р.). Харків: ХНАДУ, 2025. С. 187–189.

11. Ortega R., Miralles I., Domene M. A. et al. Ecological practices increase soil fertility and microbial diversity under intensive farming. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 954. Article 176777. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176777>

12. Francaviglia R., Almagro M., Vicente-Vicente J. L. Conservation agriculture and soil organic carbon: Principles, processes, practices and policy options. *Soil Systems*. 2023. Vol. 7, Iss. 1. Article 17. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7010017>

13. Paradelo R., Virto I., Chenu C. Organic versus conventional farming: medium-term evaluation of soil chemical properties. *Italian Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 17, Iss. 3. Article 2114. <https://doi.org/10.4081/ija.2022.2114>

14. Paradelo R., Virto I., Chenu C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2015. Vol. 202. P. 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.005>

15. Aye N. S., Sale P. W. G., Tang C. The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52, Iss. 5. P. 697–709. <https://doi.org/10.1007/s00374-016-1111-y>

16. Amelung W., Blume H.-P., Fleige H. et al. Chemische eigenschaften und prozesse. *Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde*. Berlin: Springer, 2018. P. 151–211. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3_5)

## References

1. Tkachenko, M. A., Kondratiuk, I. M., & Borys, N. Ye. (2019). *Chemical amelioration of acidic soils*. TVORY. [In Ukrainian]

2. Prysiashniuk, M. V. (Ed.). (2010). *National report on the state of soil fertility in Ukraine*. [https://media.iogu.gov.ua/literatura/periodically/1\\_2010.pdf](https://media.iogu.gov.ua/literatura/periodically/1_2010.pdf) [In Ukrainian]

3. Farooqi, Z. U. R., Qadir, A. A., Riaz, S., Chaudhary, Z. M., Mohy Ud Din, W., Ilić, P., & Pržulj, N. (2025). Soil acidification: Processes, effects on soil and plants, and remediation strategies. In P. Ilić & N. Pržulj (Eds.), *Environmental protection and remediation* (pp. 171–206). <https://doisrpska.nub.rs/index.php/KE/article/download/12388/11887/28143> [In Ukrainian]

4. Dong, Y., Yang, J.-L., Zhao, X.-R., Yang, S.-H., Mulder, J., Dörsch, P., Peng, X.-H., & Zhang, G.-L. (2022). Soil acidification and loss of base cations in a subtropical agricultural watershed. *Science of The Total Environment*, 827, Article 154338. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154338>

5. *Strengthening global health security: Ten countries, ten success stories*. (2026). FAO. <https://www.fao.org/evaluation/highlights/detail/strengthening-global-health-security--ten-countries--ten-success-stories/en>

6. *The new IPCC report: Prepare now for the future that lies ahead*. (n. d.). Foundation for Climate Restoration. <https://foundationforclimaterestoration.org/the-new-ipcc-report-prepare-now-for-the-future-that-lies-ahead-2/>

7. Demydenko, O. V. (2024). Soil formation under different tillage methods and mineral fertilization of chernozem in agrocenosis. *Agriculture and Crop Production: Theory and Practice*, 4, 14–24. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.04.02> [In Ukrainian]

8. Davydiuk, H. V., Shkarivska, L. I., Klymenko, I. I., Dovbash, N. I., Kushchuk, M. A., & Hirnyk, V. V. (2024). Influence of different farming systems on the physicochemical properties of dark gray podzolized soil. In *Innovative principles of agricultural land management in the context of ensuring the state food security* (pp. 11–14). <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/04/24.10.pdf#page=11> [In Ukrainian]

9. Tkachenko, M. A., Kondratiuk, I. M., & Pavlichenko, A. I. (2021). Reproduction of gray forest soil fertility under intensive and organic farming. *Agriculture and Crop Production: Theory and Practice*, 1, 13–19. <https://doi.org/10.54651/agri.2021.01.02> [In Ukrainian]

10. Shapovalova, A. O., & Barun, M. V. (2025). Assessment of the effectiveness of organic farming in chernozem restoration in the context of climate change in Ukraine. In *Sectoral problems of environmental safety – 2025: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference with participation of young scientists* (pp. 187–189). KhNADU. [In Ukrainian]

11. Ortega, R., Miralles, I., Domene, M. A., Meca, D., & Del Moral, F. (2024). Ecological practices increase soil fertility and microbial diversity under intensive farming. *Science of The Total Environment*, 954, Article 176777. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176777>

12. Francaviglia, R., Almagro, M., & Vicente-Vicente, J. L. (2023). Conservation agriculture and soil organic carbon: Principles, processes, practices and policy options. *Soil Systems*, 7(1), Article 17. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7010017>
13. Paradelo, R., Virto, I., & Chenu, C. (2022). Organic versus conventional farming: Medium-term evaluation of soil chemical properties. *Italian Journal of Agronomy*, 17(3), Article 2114. <https://doi.org/10.4081/ija.2022.2114>
14. Paradelo, R., Virto, I., & Chenu, C. (2015). Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 202, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.005>
15. Aye, N. S., Sale, P. W. G., & Tang, C. (2016). The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. *Biology and Fertility of Soils*, 52(5), 697–709. <https://doi.org/10.1007/s00374-016-1111-y>
16. Amelung, W., Blume, H.-P., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K., & Wilke, B.-M. (2018). Chemical properties and processes. In *Scheffer/Schachtschabel textbook of soil science* (pp. 151–211). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55871-3_5)

UDC 631.4:631.8:631.582

**Tkachenko, M. A., Kondratiuk, I. M., Zaiats, P. S., & Kudria, S. O.** (2026). Patterns of fertility formation of grey forest soil under fertilisation systems and ameliorative measures in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 14(1). <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.361819> [In Ukrainian]

*National Scientific Center "Institute of Agriculture NAAS", 2-B Mashynobudivnykiv St., Chabany Village, 08162, \*e-mail: i.z.naan.tkachenko@gmail.com*

**Aim.** To establish the patterns of potential fertility formation of grey forest soils under different fertilisation systems and ameliorative measures in the Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field methods were used with soil sampling from the 0–20 cm and 20–40 cm layers, followed by laboratory analyses to determine physico-chemical and agrochemical properties (humus content, pH of salt solution,  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ , saturation of the cation exchange complex with bases, and content of N,  $P_2O_5$ , and  $K_2O$ ). Structural analysis of crop productivity and quality in crop rotation was also conducted. **Results.** Initial soil parameters indicated low natural fertility: pH (salt solution) 4.6, humus content 1.44%, saturation of base cations 56%. Long-term application of mineral fertilisers alone caused acidification (pH 4.7), reduced saturation of base cations (52%), and intensified degradation processes in humus and soil structure. Combining mineral fertilisation with ameliorants and biologised technologies optimised fertility indicators: pH (5.6–5.8), reduced hydrolytic acidity by 0.8–1.5 meq/100 g, increased saturation of base cations to 67–70%, raised humus content to 3.2–3.5%, and improved soil structure (structural coefficient 2.2–2.3; agronomically valuable aggregates 63–66%). Grain crop yields increased by 32–64%, with profitability reaching 86–92%. **Conclusions.** The application of ameliorative and biologised measures in combination with varying doses of mineral fertilisers ensures optimisation of soil acidity and nutrient regimes, increases humus reserves, and improves soil structure. This contributes to the restoration of potential fertility of grey forest soils and enhances agrocenosis productivity.

**Keywords:** cation exchange complex; humus; soil acidity; pH (salt solution); ameliorative and biologised measures; exchangeable cations; soil structure; crop productivity.

Надійшла / Received 23.02.2026

Погоджено до друку / Accepted 02.04.2026

Опубліковано онлайн / Published online 28.05.2026