

УДК 631.153.3:631.582]: 631.8:631.4  
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.38>

## ВПЛИВ УДОБРЕННЯ В ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ АГРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

**Господаренко Г.М.** – д.с.-э.н.,  
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет  
[orcid.org/0000-0002-6495-2647](https://orcid.org/0000-0002-6495-2647)

**Чикін І.В.** – аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет  
[orcid.org/0009-0001-9449-7462](https://orcid.org/0009-0001-9449-7462)

**Мізерака Я.О.** – аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,  
Уманський національний університет  
[orcid.org/0009-0001-8825-6822](https://orcid.org/0009-0001-8825-6822)

Наведено результати дослідження впливу тривалого застосування різних систем удобрення у польовій сівозміні на агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого важко-косуглинкового. Дослідження проводили у стаціонарному польовому досліді впродовж 2010–2025 років. Вивчали вплив зменшених доз мінеральних добрив та їх поєднання за умов залишення на полі незернової частини врожаю на показники органічної речовини, кислот-но-основні властивості, ємність катіонного обміну, склад обмінних катіонів і вміст рухо-мих форм елементів живлення. Встановлено, що за тривалого застосування різних систем удобрення істотних змін загального вмісту гумусу не відбулося, однак вміст активного гумусу змінювався більшою мірою залежно від доз і поєднання добрив. Тривале внесення мінеральних добрив сприяло підкисленню ґрунту та підвищенню гідролітичної кислотності, що свідчить про необхідність вапнування. Ємність катіонного обміну істотно не змі-нювалася, проте співвідношення обмінних катіонів кальцію, магнію і калію змінювалося, що може зумовлювати погіршення калійного живлення рослин. Встановлено, що системи удобрення суттєво впливали на вміст мінерального азоту, рухомих сполук фосфору, калію та сірки у ґрунті. Застосування фосфорних і калійних добрив забезпечувало підвищення або підтримання їх вмісту на оптимальному рівні, тоді як забезпеченість ґрунту рухо-мими сполуками сірки залишалася низькою і потребує додаткового внесення сірковмісних добрив. Тривале застосування добрив у польовій сівозміні суттєво впливає на агрохімічний стан ґрунту та потребує оптимізації систем удобрення з урахуванням показників родю-чості ґрунту та потреб сільськогосподарських культур. Отримані результати можуть бути використані при розробленні науково обґрунтованих систем удобрення в польових сівозмінах на чорноземах опідзолених.

**Ключові слова:** польова сівозміна, системи удобрення, органічна речовина, кислот-ність, елементи живлення.

### **Hospodarenko H.M., Chykin I.V., Mizeraka Y.O. Impact of Fertilization Systems in Field Crop Rotation on Soil Agrochemical Properties**

The results of studies on the effect of long-term application of different fertilization systems in a field crop rotation on the agrochemical properties of podzolized heavy loam chernozem are presented. The research was conducted in a long-term stationary field experiment during 2010–2025. The effect of reduced doses of mineral fertilizers and their combinations under conditions of returning crop residues to the soil on organic matter content, acid–base properties, cation exchange capacity, exchangeable cation composition, and the content of available forms of nutrients was studied. It was established that long-term application of different fertilization systems did not cause significant changes in total humus content; however, the content of active



© Господаренко Г.М., Чикін І.В., Мізерака Я.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

*humus varied depending on fertilizer doses and combinations. Long-term application of mineral fertilizers contributed to soil acidification and an increase in hydrolytic acidity, indicating the need for liming. The cation exchange capacity did not change significantly, but the ratio of exchangeable calcium, magnesium, and potassium changed, which may lead to deterioration of potassium nutrition of plants. It was found that fertilization systems significantly affected the content of mineral nitrogen, available phosphorus, potassium, and sulfur in the soil. The application of phosphorus and potassium fertilizers ensured an increase or maintenance of their content at an optimal level, while the availability of mobile sulfur compounds in the soil remained low and requires additional application of sulfur-containing fertilizers. Long-term fertilization in field crop rotation significantly affects the agrochemical condition of the soil and requires optimization of fertilization systems with regard to soil fertility parameters and crop nutrient requirements. The obtained results can be used for the development of scientifically grounded fertilization systems in field crop rotations on podzolized chernozem soils.*

**Key words:** *field crop rotation, fertilization systems, organic matter, soil acidity, nutrients.*

**Постановка проблеми.** Важливим завданням сільського виробництва, поряд з вирощуванням високих урожаїв сільськогосподарських культур, повинно бути збереження родючості ґрунтів і зменшення впливу на довкілля. Підвищення продуктивності ґрунтів вимагає моніторингу якості їх властивостей. Якість ґрунтів рекомендовано оцінювати за показниками властивостей орного шару [8], в якому зосереджена основна маса кореневих систем рослин. Зміни показників родючості ґрунту вважають достовірними, якщо різниця з вихідним їх значенням за ДСТУ 7846 [10] вже відповідає одному зі ступенів деградації ґрунту, вказаних у ДСТУ 7872 [11]. Нині недостатньо даних, що отримані в тривалих стаціонарних польових дослідках з вивчення впливу різного удобрення на агрохімічні властивості ґрунту. Новизна проведеного дослідження полягає в тому, що визначено вплив зменшених, порівняно з оптимальними, доз різних видів мінеральних добрив і різного їх поєднання на тлі залишення на полі незернової продукції культур польової сівозміни на агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Одним із найбільш значущих чинників родючості ґрунтів є вміст органічної речовини, зокрема гумусу, який сприяє підтриманню екологічного балансу та продуктивності агроценозів. Сучасні тенденції інтенсивного ведення землеробства, кліматичні зміни і антропогенне навантаження негативно впливають на ґрунти, що спричиняє зниження вмісту гумусу, деградацію їх структури і зниження біологічної активності [20].

Органічна речовина ґрунту є основною складовою, що визначає рівень його родючості та екологічний стан, поліпшує засвоєнню поживних речовин рослинами і забезпечує зростання продуктивності агроценозів [17]. Її кількісний і якісний склад суттєво залежать від інтенсивності агротехнологічних заходів, передусім від систем удобрення, обробітку ґрунту, структури сівозміни і застосування органічних залишків. [21, 22].

Втручання в природні процеси ґрунтоутворення та антропогенне навантаження впливає на якість ґрунту порушенням гумусовідновлення, що змінює відношення між накопиченням і мінералізацією органічної речовини. За рік в орному шарі чорноземів і темно-сірих лісових ґрунтів мінералізується 0,5–0,7 % запасу гумусу, а свіжої органічної маси гуміфікується 20–30 %, решта – мінералізується [15].

Сільськогосподарське використання чорноземів призводить до вилучення катіонів з урожаєм культур і збільшення їх вимивання по профілю ґрунту. Це зумовлює зміни кислотно-основних та інших властивостей чорноземів [4, 24, 25] і водночас знижує ефективність добрив – продуктивність сільськогосподарських культур і коефіцієнти використання їх поживних речовин [26, 27].

Відомо, що всі властивості ґрунту, які зумовлюють формування врожаю, тою чи іншою мірою залежать від складу ЄКО ґрунту. Ємність катіонного обміну та стан колоїдного комплексу ґрунту характеризується його складом. Стан ЄКО ґрунту має різновекторну дію на кореневе живлення рослин. Зміни у його структурі під дією різних антропогенних чинників можуть обмежувати продуктивність сільськогосподарських культур [18].

У природному аналогу чорнозему опідзоленого під перелогом ЄКО сягає 32 смоль/кг [17]. Частка кальцію в ЄКО має тісний зв'язок з процесами накопичення та мінералізації органічної речовини у ґрунті. Цей зв'язок буває прямим – завдяки утворенню важкорозчинних гуматів кальцію, так і побічним – у результаті зміни реакції і фізичних властивостей ґрунту [17]. Вважається, що оптимальна насиченість ґрунту, що має важкий гранулометричний склад, кальцієм повинна бути 70 %, а магнієм – 10 %, тобто сумарний їх вміст повинен бути у межах 80 %. Якщо в таких ґрунтах частка магнію в ЄКО становить 10–12 %, то дефіцит його в живленні рослин не повинен проявлятися [2].

Засвоєння поживних речовин рослинами залежить від зовнішніх і внутрішніх умов. До внутрішніх умов належать генетично спадкові ознаки кожного виду рослин, їх вимоги до властивостей середовища та інші чинники. Проте основною умовою оптимального живлення рослин є вміст у ґрунті рухомих форм елементів живлення [3].

Поряд з азотом на ефективну родючість ґрунту та дію мінеральних добрив впливає їх фосфатний режим, особливо в зоні чорноземів [28]. Засвоєння рослинами фосфору з ґрунту та внесених добрив залежить від низки умов: його ґрунтових запасів, ступеня рухомості, особливостей застосування добрив [30].

У процесі ґрунтоутворення накопичення його в профілі ґрунту відбувається завдяки переміщенню з материнської породи кореневими системами рослин. Крім того, за своїми хімічними властивостями фосфор має складну взаємодію зі складовими ґрунту [28, 31]. За даними [28] після внесення фосфорних добрив на зниження вмісту в ґрунті рухомих фосфатів у чорноземі типовому впливають такі чинники, %: винесення врожаями – 73; трансформація у важкорозчинні сполуки – 15 і міграція в глибші шари – 12.

Площі ґрунтів України із середнім і низьким вмістом рухомих сполук калію поступово збільшуються, що потребує перегляду оцінювання їх вмісту та умов управління живлення ним рослин [3, 29, 31]. Питання оптимального вмісту в ґрунті рухомих сполук калію залишається дискусійним, а дані, що є в літературі досить суперечливі. Для чорноземів називається вміст як 200–250 мг  $K_2O$ /кг ґрунту, так і 100–150 мг/кг [3]. Спеціальними дослідженням було встановлено, що для чорнозему опідзоленого важкосуглинкового підвищена здатність забезпечувати рослини калієм встановлюється за вмісту рухомих сполук, визначеного за методом Чирикова, на рівні 130–170 мг  $K_2O$ /кг [3]. Калійний режим цього ґрунту значно важче піддається регулюванню, ніж азотний і фосфатний. Вчені звертають увагу на недоцільність надлишкового внесення калію з метою перевищенню оптимального вмісту його рухомих сполук у ґрунті, що пояснюється як додатковими витратами, так і забрудненням довкілля [3].

Ґрунт є основним джерелом живлення рослин сіркою. Вміст доступної сірки у ґрунтах зазвичай низький [32, 34]. Рослини, добре забезпечені сіркою, більш ефективно використовують азот [33, 35, 36, 37].

Отже, системи застосування добрив у польовій сівозміні можуть змінювати агрохімічні властивості ґрунту, що в свою чергу буде впливати на ріст і розвиток сільськогосподарських культур.

**Постановка завдання.** Дослідження було проведено в тривалому досліді (з 2010 року) в Уманському національному університеті з метою перевірки впливу дефіциту одного чи кількох основних елементів живлення або їх поєднання на формування продуктивності сільськогосподарської культури [16]. Ґрунт дослідного поля чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі, за визначенням [1] – Phaeosems. Регіон характеризується нестійким зволоженням із середньорічною кількістю опадів 586 мм і температурою повітря 8,8 °С. У досліді 4-пільна сівозмінна: пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя. Дослідні ділянки розміром 110 м<sup>2</sup>, облікові – 25 м<sup>2</sup>. Повторення досліді триразове, розміщення варіантів послідовне. Солому й стебелиння культур подрібнювали і залишали на полі. У зразках ґрунту, відібраних з орного шару згідно вимог ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007, визначали такі показники: вміст органічного вуглецю (C<sub>орг</sub>) – за ДСТУ 4289 [7]; кислотність (рН<sub>КСІ</sub>) – за ДСТУ ISO 10390 [13]; вміст азоту мінеральних сполук – за ДСТУ 4729 [9], рухомих сполук фосфору за методом Olsen [19], калію – за методом Чирикова [6] і сірки – за ДСТУ 8347 [12]. Дослідження та обробку одержаних результатів проводилися за прийнятими методиками [5, 14].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Незначні зміни вмісту органічного вуглецю в ґрунті (табл. 1) можна пояснити тим, що землекористування впливає лише на його верхній шар, а він зазвичай зберігається більш глибоко [38]. Через 15 років у всіх варіантах досліді вміст органічного вуглецю зберігався на вихідному рівні. За внесення повного мінерального добрива з дозою азоту 110 кг/га спостерігалось підвищення його вмісту порівняно з ділянками без добрив. Незначні зміни вмісту органічного вуглецю навіть за інтенсивного землекористування пояснюються як відносно нетривалим періодом проведення досліді, так й іншими чинниками (оптимальними структурою сівозміни, раціональним обробітком ґрунту, залишенням на полі нетоварного врожаю, урівноваженими процесами гумусонакопичення та мінералізації органічної речовини).

Таблиця 1

**Вміст органічної речовини і кислотно-основні показники ґрунту після тривалого (2010–2025 рр.) застосування різних систем удобрення**

Варіант досліді	Вміст		рН <sub>КСІ</sub>	Нг, смоль/кг	ЄКО, смоль/кг	Частка в ЄКО, %		
	C <sub>орг</sub> , %	C <sub>акт</sub> , мг/кг				Ca	Mg	K
2010 рік*	2,04	476	5,7	3,1	27,6	75,6	9,8	2,8
Без добрив (контроль)	1,98	541	5,5	2,6	27,3	74,4	12,8	2,8
N <sub>55</sub>	2,03	539	5,2	3,6	27,8	72,3	11,8	2,6
N <sub>110</sub>	2,14	513	5,2	3,6	28,0	72,2	11,8	2,7
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,05	536	5,4	2,9	27,4	75,8	11,8	3,3
N <sub>110</sub> K <sub>80</sub>	2,15	549	5,2	3,6	27,9	72,0	11,4	3,4
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub>	2,07	569	5,1	3,8	28,3	70,0	10,9	2,5
N <sub>55</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2,11	508	5,3	3,6	28,7	73,0	11,3	2,9
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,16	506	5,2	3,8	29,4	72,5	11,2	3,1
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2,10	486	5,2	3,6	29,3	69,5	11,1	2,8
N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	2,16	493	5,3	3,8	29,2	72,4	11,5	2,8
N <sub>110</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	2,16	484	5,2	3,6	29,3	72,8	11,5	3,1
НІР <sub>05</sub>	0,15	28	0,2	0,4	1,8			

*Примітка.* \*Вихідні значення перед закладанням досліді.

У формуванні поживного режиму ґрунту більш важливе значення має не загальний вміст гумусу в ґрунті, а активна його частина. Від стану цієї фракції органічної речовини залежить стабільність агроєкосистем [40]. Дослідженнями встановлено, що удобрення більше змінює вміст активного гумусу в ґрунті, ніж загального вмісту органічного вуглецю. Це можна пояснити інтенсивнішою мінералізацією органічної речовини за внесення азотних мінеральних добрив. Так, якщо вміст органічного вуглецю в ґрунті варіантів досліду змінювався від 1,98 до 2,16 % або на 9 %, то вміст активного гумусу – від 476 до 569 мг/кг або на 20 %.

Землекористування посилює навантаження на ґрунт, може деформувати його колоїдно-хімічні властивості та знижувати продуктивність вирощуваних культур. Для визначення реакції ґрунту в Україні прийнято користуватися показником  $pH_{KCl}$ . За цим показником після тривалого застосування добрив у всіх варіантах досліду стала слабкокислою з різним значенням  $pH_{KCl}$  – від 5,5 на контролі до 5,1 у варіанті досліду  $N_{110}P_{60}$ , тоді як перед закладанням досліду була близькою до нейтральної. Отже, спостерігається слабкий ступінь деградації ґрунту, оскільки зміни більш як 10 % [10]. Він потребує проведення підтримувального вапнування, оскільки оптимальний  $pH_{KCl}$  5,7–6,4 [8].

За період проведення досліду не спостерігалось значних змін гідролітичної кислотності ґрунту. Вважається, що чорнозем опідзолений від природи її має у межах 2,5–3,5 смоль/кг у шарі 0–25 см [8]. У досліді спостерігалось її підвищення на всіх ділянках з удобренням, за виключенням варіанту  $P_{60}K_{80}$ . За показника гідролітичної кислотності 3,0–4,0 смоль/кг цей ґрунт у зоні Лісостепу потребує першочергового вапнування [2].

Зміни кислотності ґрунту, на нашу думку, можна пояснити як впливом внесених мінеральних добрив, особливо азотних, так і поверненням у ґрунт карбонатів з незерновою частиною врожаю та підтягуванням їх з нижчих шарів ґрунту та підґрунтя у зв'язку зі збільшенням посушливості клімату.

Як видно з даних табл. 1, ЄКО ґрунту за період проведення досліду залишалася стабільним і змінювалася в межах від 27,3 до 29,4 смоль/кг за показника перед закладанням досліду 27,6 смоль/кг. На неудобрених ділянках порівняно з варіантами досліду  $N_{110}P_{60}$  та з внесенням повного мінерального добрива і з дозою азоту 110 кг/га простежувалось незначне – на 7–8 % зниження ЄКО. Це на нашу думку пояснюється меншим надходженням у ґрунт органічної речовини з нетоварною частиною біологічного врожаю.

Частка кальцію й магнію в складі ЄКО була в оптимальних межах – відповідно 69,5–75,8 % і 10,9–12,8 %. Незначне підвищення частки кальцію можна пояснити накопиченням його в нетоварній частині врожаю та кореневій системі, які зосереджуються у верхньому шарі ґрунту та поверненням його із висхідним потоком води ґрунтовими капілярами із нижніх шарів, яке в посушливий період може сягати 20–30 % вимитого з верхнього шару кальцію [2].

За порушення оптимальних відношень  $Ca^{2+} : Mg^{2+}$  і  $Mg^{2+} : K^+$  рослини відчують дефіцит або надлишок магнію в мінеральному живленні навіть за високого його вмісту в ґрунті. Встановлено, що у структурі ЄКО ґрунту перед закладанням досліду відношення  $Ca^{2+} : Mg^{2+}$  становило 7,7 і залежно від варіанту досліду знизлося до 5,8–6,5 і було найнижчим на абсолютному контролі.

Вважається, що за відношення  $Mg^{2+} : K^+$  менш як 2, проявляється значний дефіцит магнію, за показника 2–5 – збалансоване оптимальне живлення рослин цими елементами, а за розширення відношення більше ніж 5 – спостерігається значний дефіцит калійного живлення [3]. Перед закладанням досліду відношення

$Mg^{2+} : K^+$  у ґрунті становило 3,5 і після тривалого використання ґрунту без внесення мінеральних добрив підвищилося до 4,8, а у варіанті досліді N110P60 – до 4,4. Отже, можна зробити висновок про можливий дефіцит калію в мінеральному живленні культури.

Відсутність значних змін розміру ЄКО чорнозему опідзоленого та його складу свідчить про селективність цього процесу, який, крім хімізму елементів, також визначається складом ЄКО та ґрунтової маси у цілому. На стабільність ЄКО впливають особливості біохімічних циклів речовин у ґрунті у певних умовах.

Встановлено, що тривале застосування в польовій сівозміні впродовж тривалого часу різних систем удобрення впливає на вміст поживних речовин у ґрунті. Згідно [8] вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті вважається середнім – 16–25 мг/кг, підвищеним – 25–30, високим – 30–35 і дуже високим – більше ніж 35 мг/кг. Отже, за цим показником лише на абсолютному контролі його вміст був середнім, у варіанті досліді  $N_{55}P_{30}K_{40}$  – високим, а у решті варіантів – дуже високим (табл. 2). При цьому вміст азоту мінеральних сполук у варіантах досліді без удобрення та на тлі внесення лише фосфорних і калійних добрив ( $P_{60}K_{80}$ ) знизився відповідно на 24,9 і 26,3 мг/кг, або на 12 і 7 % порівняно з вихідним умістом перед закладанням досліді.

Таблиця 2

**Вплив тривалого (2010–2025 рр.) удобрення в польовій сівозміні на вміст поживних речовин у ґрунті**

Варіант досліді	Вміст, мг/кг			
	$N_{min}$	P	K	S
2010 рік*	28,3	14,6	132	5,6
Без добрив (контроль)	24,9	13,7	125	4,6
$N_{55}$	35,3	14,1	129	4,9
$N_{110}$	42,0	18,4	139	6,2
$P_{60}K_{80}$	26,3	27,1	162	5,0
$N_{110}K_{80}$	45,5	20,9	171	7,2
$N_{110}P_{60}$	49,0	29,3	130	7,1
$N_{55}P_{30}K_{40}$	33,5	25,4	151	6,9
$N_{110}P_{60}K_{80}$	45,8	28,7	159	6,9
$N_{110}P_{30}K_{40}$	46,3	25,5	147	6,8
$N_{110}P_{60}K_{40}$	46,4	28,9	145	6,9
$N_{110}P_{30}K_{80}$	46,2	24,2	168	6,8
$HIP_{05}$	3,2	1,6	9	0,4

Примітка. \*Вихідні значення перед закладанням досліді.

Встановлено, що тривале застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні впливає на вміст рухомих фосфатів у ґрунті. Вважається [10], що за зниження їх вмісту в ґрунті на 15 % погіршується його якість. Як видно з одержаних даних, це відбулося у варіанті досліді Без добрив (див. табл. 2). Показники вмісту рухомих фосфатів показують, що ґрунт перед закладанням досліді та у варіантах досліді з тривалим внесенням лише азотних добрив мав низьку здатність забезпечувати рослини фосфором. Середньорічне внесення фосфорних добрив у дозі 30–60 кг/га д. р. сприяло формуванню підвищеної його здатності забезпечувати рослини фосфором за вмісту в ґрунті 20,9–28,9 мг/кг рухомих сполук фосфору.

При цьому необхідно зазначити, що внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р., порівняно з 30 кг/га д. р., сприяло достовірному підвищенню вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті за всіх систем застосування добрив.

Внесення фосфорних добрив у дозі 30 кг/га д. р. у поєднанні з азотними і калійними добривами дозволяє підтримувати вміст рухомих фосфатів на рівні 24,2–25,4 мг/кг ґрунту, що достовірно більше порівняно з вихідним вмістом. Це можна пояснити поверненням їх частини у ґрунт з нетоварною продукцією.

Дослідженнями встановлено, що системи застосування добрив у польовій сівозміні з різними дозами калійних добрив на тлі залишення на полі незернової продукції змінювало вміст рухомих сполук калію в ґрунті. У варіантах досліду він був у межах 125–171 мг/кг за вихідного значення 132 мг/кг (див. табл. 2). Тобто в жодному з варіантів досліду не відбулося достовірного зниження цього показника. Це можна пояснити значним поверненням у ґрунт калію з незерною частиною врожаю та післязбиральними і корневими рештками рослин, а також біопереміщенням з нижніх шарів ґрунту й підґрунтя. Необхідно також зазначити, що тривале систематичне внесення калійних добрив у дозі 40 кг/га д. р. сприяло достовірному підвищенню вмісту рухомих сполук калію в ґрунті. Незалежно від систем застосування добрив, вміст рухомих сполук калію в ґрунті з важким гранулометричним складом відповідно до ДСТУ 4362 [8], був на оптимальному рівні – 120–170 мг/кг.

У деяких європейських країнах оптимальний вміст обмінного калію встановлюють залежно від ємності катіонного обміну (ЄКО) [2]. За такого підходу для чорнозему опідзоленого під дослідом з ЄКО 27 смоль/кг оптимальний його вміст 177 мг/кг. За еталон вмісту рухомих сполук калію в чорноземах, визначеного за методом Чирикова, прийнято вважати 180 мг/кг [23]. Це вказує на доцільність додаткового застосування калійних добрив, що підтверджується і даними попередніх досліджень, проведених на цьому ґрунті [3].

Проведеними дослідженнями встановлено, що після тривалого застосування добриву польовій сівозміні рослини мали низький рівень (3–6 мг/кг ґрунту) забезпеченості сіркою у варіантах досліду Без добрив,  $N_{55}$  і  $P_{60}K_{80}$  (див. табл. 2). Згідно [23] за еталон вмісту прийнято 12 мг/кг ґрунту рухомих сполук сірки, а за його зниження до 6 мг/кг всі сільськогосподарської культури будуть реагувати на поліпшення сірчаного живлення [2].

Вміст рухомих сполук сірки у ґрунті в інших варіантах досліду під час його проведення залишався на середньому рівні – 6,2–7,2 мг/кг, тобто частково підвищився порівняно з вихідним рівнем (5,6 мг/кг). Це можна пояснити як додатковим надходженням сірки у ґрунт у варіантах досліду, де вносилися суперфосфат гранульований, а також поповненням запасів рухомих її сполук у результаті мінералізації органічної речовини і надходження з атмосферними опадами [39].

Вважається [2], що для формування високих урожаїв ґрунт повинен містити 10–15 мг/кг рухомих сполук сірки, тому одержані дослідні дані свідчать, що сільськогосподарські культури будуть позитивно реагувати на додаткове внесення сірки з удобрювальними продуктами.

### Висновки

1. Тривале використання ґрунту в польовій сівозміні як за різних систем удобрення, так і без них істотно не впливало на органічну речовину, вміст якої у більшості варіантів досліду був 2,07–2,16 %. Лише у варіантах досліду  $N_{110}P_{60}K_{80}$ ,  $N_{110}P_{60}K_{40}$  і  $N_{110}P_{30}K_{80}$  спостерігалось її підвищення до 2,16 % (за показника на неудобрених ділянках 1,98 %). Незначні зміни можна пояснити залишенням на

полі незернової частини урожаю, оптимальними структурою сівозміни, обробіткою ґрунту й збалансованими процесами гумусонакопичення та мінералізації органічної речовини.

2. Вміст активного гумусу в ґрунті залежить від системи застосування добрив у сівозміні більше (від 476 до 569 мг/кг або на 20 %), ніж вміст органічного вуглецю. Це пояснюється більшою мінералізацією органічної речовини за внесення підвищених доз азоту мінеральних добрив.

3. Ґрунт перед закладанням досліду був дуже слабкокислим ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,7), а після тривалого застосування добрив у всіх варіантах досліду став слабкокислим з різними значеннями  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – від 5,5 на контролі до 5,1 у варіанті досліду  $\text{N}_{110}\text{P}_{60}$ . При цьому гідролітична кислотність підвищилась у варіантах досліду  $\text{N}_{110}\text{P}_{60}$ ,  $\text{N}_{110}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$  і  $\text{N}_{110}\text{P}_{30}\text{K}_{80}$  – на 0,24–0,28 смоль/кг (за вихідного показника 1,78 смоль/кг). У майбутньому цей ґрунт потребуватиме проведення підтримувального вапнування.

4. Перед закладанням досліду відношення  $\text{Mg}^{2+} : \text{K}^+$  в ЄКО становило 3,5 і значно підвищилось – до 4,4 у варіанті досліду  $\text{N}_{110}\text{P}_{60}$ , а після тривалого використання ґрунту без внесення мінеральних добрив (до 4,8), що вказує на можливий дефіцит калію в живленні сільськогосподарських культур.

5. Забезпеченість рослин азотом мінеральних сполук значно залежить від систем застосування добрив. У варіанті досліду без добрив він був середнім, за середньорічного внесення  $\text{N}_{55}\text{P}_{30}\text{K}_{40}$  – високим, а у решті варіантів – дуже високим.

6. За середньорічного внесення фосфорних добрив у дозі 30–60 кг/га д. р. формується підвищена здатність ґрунту забезпечувати рослини фосфором з вмістом 20,9–28,9 мг/кг рухомих сполук фосфору. Внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р., порівняно з 30 кг/га д. р., сприяє достовірному підвищенню вмісту рухомих фосфатів у ґрунті.

7. Після тривалого застосування різних систем удобрення вміст обмінних сполук калію в ґрунті був у межах 125–171 мг/кг залежно від варіанту досліду (за вихідного значення 132 мг/кг). Внесення калійних добрив у дозі 40 кг д. р. на 1 га сівозмінної площі та залишення на полі незернової продукції сприяє підвищенню його вмісту.

8. Вміст рухомих сполук сірки у ґрунті незалежно від систем застосування добрив залишається на низькому рівні – 4,6–7,2 мг/кг, що свідчить про доцільність додаткового її застосування для поліпшення сірчаного живлення рослин.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. World Reference Base for Soil Resources : intern. soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps / IUSS Working Group WRB. 4th ed. Vienna : International Union of Soil Sciences, 2022. URL: [https://eurasian-soil-portal.info/wp-content/uploads/2023/02/wrb\\_fourth\\_edition\\_2022-12-18.pdf](https://eurasian-soil-portal.info/wp-content/uploads/2023/02/wrb_fourth_edition_2022-12-18.pdf).

2. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2026. 572 с.

3. Агрохімія калію / Г. М. Господаренко, О. Д. Черно, О. В. Нікітіна ; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

4. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 1. С. 8–12.

5. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

6. ДСТУ 4115:2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, 2002. 10 с.

7. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.

8. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 20 с.
9. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
10. ДСТУ 7846:2015. Якість ґрунту. Оцінювання зміни родючості ґрунтів. Порядок проведення робіт. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 12 с.
11. ДСТУ 7872:2015. Охорона ґрунтів. Деградація ґрунтів. Оцінювання хімічної та фізичної деградації ґрунтів. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 5 с.
12. ДСТУ 8347:2015. Якість ґрунту. Визначення рухомої сірки в модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського. [Чинний від 2017-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 11 с.
13. ДСТУ ISO 10390:2022. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). [Чинний від 2022-09-05]. Київ : УкрНДНЦ, 2022. 16 с.
14. Основи наукових досліджень / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз, В. П. Опришко ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
15. Науково-методичні засади управління акумуляцією і трансформацією органічної речовини ґрунтів / Є. В. Скрильник, В. А. Гетманенко, А. М. Кутова та ін. Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 96 с.
16. Стаціонарні польові дослідження України. Реєстр атестатів. Київ : Аграрна наука, 2014. 146 с.
17. Трус О. М., Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Гумус чорнозему опідзоленого та його відтворення. Умань : ВПЦ «Візаві», 2016. 228 с.
18. Основи управління родючістю ґрунтів / Р. С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко ; за ред. Р. С. Трускавецького. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 388 с.
19. ДСТУ ISO 11263:2001. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук фосфору в розчині гідрокарбонату натрію (ISO 11263:1994, IDT). Київ, 2001. 12 с.
20. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Коваленко О. А., Пилипенко Т. В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 89–101. DOI: 10.332491/2663-2144-2020-87-02-89-101.
21. Long-term rotation diversity and nitrogen effects on soil organic carbon and nitrogen stocks / M. Schmer, V. Jin, B. Wienhold et al. *Agrosyst. Geosci. Environ.* 2020. Vol. 3. e20055. DOI: 10.1002/agg2.20055.
22. Дегтярьов В. В. Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України. Харків : Майдан, 2011. 360 с.
23. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. Київ, 2019. 108 с.
24. Моделі системного управління потенціалом родючості ґрунтів (на прикладі Харківської і Волинської областей) / за наук. ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького. Харків : Стильна типографія, 2018. 116 с.
25. Сипко А. О., Стрілець О. П., Зацерковна Н. С., Костащук М. В. Оптимізація фізико-хімічних властивостей чорнозему типового вилугованого слабокислого при застосуванні дефекату, отриманого за новою технологією. *Цукрові буряки*. 2017. № 1. С. 11–13.
26. Study of the impact of changes in the acid–base buffering capacity of surface sod–podzolic soils / Y. Hryhoriv, A. Butenko, H. Solovei et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. № 6. P. 73–79. DOI: 10.12911/22998993/186928.
27. Long-term effect of lime application on the chemical composition of soil organic carbon in acid soils varying in texture and liming history / X. Wang et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2016. Vol. 52. P. 295–306.

28. Носко Б. С. Сучасні проблеми фосфору в землеробстві і шляхи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 6. С. 5–12.
29. Носко Б. С., Юнакова Т. А., Копать Н. П. Багаторічна та сезонна динаміка вмісту рухомого фосфору та ступеня його рухомості при різних рівнях інтенсифікації сільськогосподарського використання. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2003. Вип. 64. С. 5–11.
30. Sheil T., Wall D., Culleton N., Murphy J., Grant J., Lalor S. Long-term effects of phosphorus fertilizer on soil test phosphorus, phosphorus uptake and yield of perennial ryegrass. *The Journal of Agricultural Science*. 2016. Vol. 154, № 6. P. 1068–1081. DOI: 10.1017/S0021859615001100.
31. Христенко А. О. Теоретичні проблеми методології балансового оцінювання кругообігу макроелементів живлення в системі «добриво–ґрунт–рослина». *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 90. С. 47–56. DOI: 10.31073/acss90-05.
32. Tabak M., Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B., Lisowska A. Efficiency of nitrogen fertilization of winter wheat depending on sulfur fertilization. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. 1304.
33. Lisowska A., Tabak M., Filipek-Mazur B., Gorczyca O. Effect of sulfur-containing fertilizers on the quantity and quality of spring oilseed rape and winter wheat yield. *Journal of Elementology*. 2019. Vol. 24. P. 1383–1394.
34. Engardt M., Simpson D., Schwikowski M., Granat L. Deposition of sulphur and nitrogen in Europe 1900–2015. Model calculations and comparison to historical observations. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*. 2017. Vol. 69. 1328945.
35. Pompa M., Giuliani M. M., Giuzio L., Gagliardi A., Di Fonzo N., Flagella Z. Effect of sulphur fertilization on grain quality and protein composition of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Italian Journal of Agronomy*. 2009. Vol. 4. P. 159–170.
36. Kulig B., Oleksy A., Rapacz M., Klimek-Kopyra A., Lepiarczyk A., Filipek-Mazur B. Optimization of nitrogen and sulfur fertilization of hypoallergenic winter wheat lines. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, № 21. 9844. DOI: 10.3390/su17219844.
37. Dostálová Y., Hřivna L., Kotková B., Buresova I., Janečková M., Šotníková V. Effect of nitrogen and sulphur fertilization on the quality of barley protein. *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61. P. 399–404.
38. Organic carbon is mostly stored in deep soil and only affected by land use in its superficial layers: a case study / J. Rolando, J. Dubeaux, T. deSouza et al. *Agricultural and Environmental Letters*. 2021. Vol. 4. e20135. DOI: 10.1002/agg2.20135.
39. Rai A., Singh A. K., Mishra R. et al. Sulphur in soils and plants: an overview. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*. 2020. Vol. 21. P. 66–70.
40. Партика Т., Оліфір Ю., Гавришко О. Стан лабільної органічної речовини ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту після його повторного залучення в сільськогосподарське використання. Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (Оброшине, 18 вересня 2025 р.). Оброшине–Львів, 2025. С. 183–184.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026