

Національна академія аграрних наук України

Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ПОЄДНАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ
ІЗ ЗАХОДАМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ
ТРАНСФОРМАЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ
В ЧОРНОЗЕМІ ВИЛУГУВАНОМУ**

(науково-методичні рекомендації)

Чернігів
2025

УДК 631.452:631.474:631.452:631.474
Е45

Е45 **Еколого-економічна** ефективність поєднання застосування мікробних препаратів із заходами оптимізації процесів трансформації органічної речовини в чорноземі вилугуваному (науково-методичні рекомендації) / Ю. М. Халеп, В. В. Волгогон, А. М. Москаленко, Д. В. Іванов, К. М. Сащенко. Чернігів : видавець Агеєв В. О., 2025. 27 с.

ISBN 978-617-95519-0-1

У рекомендаціях наведено особливості еколого-економічної оцінки застосування мікробних препаратів у системі заходів оптимізації процесів трансформації органічної речовини в агроценозах та шляхи їх реалізації. Методичні підходи проілюстровано розрахунками на прикладі результатів тривалого польового стаціонарного дослідження на чорноземі вилугуваному Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН.

Призначені для керівників і спеціалістів сільського господарства, землевласників, наукових працівників, викладачів і студентів.

УДК 631.452:631.474:631.452:631.474

Рецензенти:

– заступник директора з наукової роботи Інституту агроєкології і природокористування НААН, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН Дем'янюк О. С.;

– завідувач відділу агрохімії ННЦ «Інститут землеробства НААН», доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, член-кореспондент НААН Дегодюк С. Е.

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (протокол № 13 від 17.11.2025 р.) і координаційно-методичною радою Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН — головної установи з виконання ПНД 8 «Сільськогосподарська мікробіологія» (протокол № 3 від 26.11.2025 р.)

© Національна академія аграрних наук України

© Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва, 2025

ISBN 978-617-95519-0-1

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Біологічні особливості оптимізації спрямованості процесів мінералізації ↔ синтезу органічної речовини в агроценозах	6
2. Методичні засади проведення еколого-економічної оцінки ефективності застосування мікробних препаратів у системі заходів оптимізації процесів трансформації органічної речовини	8
3. Еколого-економічна оцінка ефективності застосування мікробних препаратів у системі заходів оптимізації процесів трансформації органічної речовини в чорноземі вилугуваному	11
Висновки	17
Література	18
Додатки	22

ВСТУП

Як регулятор потоків біогеохімічних циклів вуглецю, азоту та інших біогенних елементів органічна речовина ґрунту (ОРГ) є одним із основних чинників сприятливого впливу на ріст рослин і продуктивну здатність ґрунтів унаслідок постачання поживних речовин, підтримання рівня рН і структури й оптимізації біологічних властивостей [1–3]. Тому підтримка й покращення якості та кількості ОРГ є найважливішими критеріями сталого управління ґрунтами [4; 5].

Сьогодні також стає зрозумілим, що втрати ОРГ призводять не лише до негативних змін у живленні рослин, перебігу низки ґрунтових процесів, що зумовлює погіршення фізико-хімічних та біологічних характеристик ґрунтів, але й до значних біосферних наслідків, передусім пов'язаних із надходженням в атмосферу парникових газів (CO_2 , N_2O та CH_4). Ґрунти є найбільшим і найдинамічнішим земним резервуаром вуглецю, зберігаючи його у вигляді органічної речовини більше, ніж атмосферний і рослинний пули разом узяті (2400 проти 800 Гт) [6; 7], тож інтенсивна мінералізація ОРГ в глобальному масштабі — навіть якщо вона незначна — може призвести до суттєвих змін у планетарному масштабі [8; 9]. Як наслідок, у багатьох країнах почали розробляти різні технології та методи зменшення викидів парникових газів. Серед кількох розроблених стратегій — акумуляція (секвестрація) вуглецю в ґрунті, а також у наземній біосфері за допомогою належного землекористування та управлінських практик [10].

Серед основних напрямів досягнення належної секвестрації вуглецю є надходження до ґрунтів свіжої органічної речовини й оптимізація в ній вуглецево-азотного (C/N) співвідношення, оскільки утримання вуглецю у вигляді нової (гуміфікованої) органічної речовини потребує, крім рослинних решток (чи інших джерел вуг-

лецю), також і участі стехіометрично відповідної кількості мінерального азоту [11]. Важливим при цьому може бути застосування мікробних препаратів, здатних підвищувати коефіцієнти засвоєння рослинами азоту з добрив і суттєво обмежувати втрати азотних сполук із ґрунту, що сприяє домінуванню в ґрунті процесів гуміфікації.

У рекомендаціях наведено особливості еколого-економічної оцінки застосування мікробних препаратів у системі заходів оптимізації процесів трансформації органічної речовини в агроценозах та шляхи їх реалізації.

1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ СПРЯМОВАНOSTI ПРОЦЕСІВ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ↔ СИНТЕЗУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В АГРОЦЕНОЗАХ

Діяльність мікроорганізмів у ґрунті є основою двох важливих протилежно спрямованих механізмів: не тільки зменшення запасів ОРГ через мінералізацію до CO_2 , що може різко змінити глобальну кліматичну рівновагу [12], а й збільшення її резервів шляхом утворення мікробної біомаси та стабілізації її залишків у довгостроковій перспективі [13; 14]. Після відмирання клітин бактерій і мікроміцетів мікробна некрома стає частиною неживого запасу ОРГ [15; 16]. Причому найбільш стійкий органічний вуглець у ґрунті може складатися не з рослинного опаду, як вважалося раніше, а з вуглецю, який спочатку пройшов через мікробну біомасу [17].

Безперечно, активізація діяльності ґрунтових мікроорганізмів і досягнення оптимізації процесів секвестрації вуглецю лімітується насамперед наявністю доступного для мікробіоти вуглецю у вигляді свіжої органічної речовини. Екзогенні органічні субстрати традиційно додають до ґрунту для забезпечення сільськогосподарських культур необхідними біогенними елементами. Але, крім покращення живлення культурних рослин, надходження до ґрунту свіжої органічної речовини є основою синтетичних процесів гумусоутворення, які здійснюють мікроорганізми.

Важливим при цьому є оптимальне співвідношення «вуглець/азот», оскільки за широкого співвідношення C/N свіжа органічна речовина розкладається повільно через нестачу азоту, а за вузького співвідношення (менше ніж 20/1) у ґрунті активно розвиваються мінералізаційні процеси, внаслідок чого зменшується частка вуглецю, яка за оптимальних умов могла б трансформуватися в гумусові сполуки. Водночас розвиток мінералізаційних процесів може впливати і на втрати стабільної ОРГ. Отже, крім наявності в

ґрунті легкодоступного для мікроорганізмів вуглецю, для оптимізації спрямованості процесів мінералізації-синтезу в ньому має бути стехіометрично відповідна кількість реактивного (мінерального) азоту.

При цьому для досягнення оптимальної кількості азоту варто враховувати особливості його поведінки в ґрунті. Як відомо, ступені засвоєння рослинами азоту з добрив не перевищують 35–55 % [18–21]. За дефіциту в ґрунті свіжої органічної речовини невикористана частка мінеральних азотних сполук частково вимивається, що призводить до евтрофікації [22], забруднення поверхневих і ґрунтових вод [23], а частково надходить до атмосфери у вигляді озоноруйнівного газу N_2O [24]. Крім того, за таких умов надлишок азоту в ґрунті може ініціювати розвиток специфічних угруповань ґрунтових мікроорганізмів, здатних використовувати як джерело вуглецю гумусові сполуки [25]. Наслідком цього є не лише забруднення ґрунтових вод нітратами та зростання емісії N_2O , а й розвиток біологічної дегуміфікації ґрунту. Водночас коли до ґрунту системно надходить доступний вуглець у вигляді свіжої органічної речовини, значна частина незасвоєного рослинами азоту може тимчасово іммобілізуватися мікроорганізмами. Середній час обороту іммобілізованого в мікробній біомасі азоту складає близько 1,5 року [26], тож повернення (мінералізація) його для засвоєння рослинами сприятиме підвищенню урожайності наступних у сівозміні сільськогосподарських культур. Тому невикористану рослинами частину мінерального азоту необхідно утримувати від вимивання й емісії шляхом метаболічного зв'язування мікроорганізмами, розвиток яких потребує додаткового надходження свіжої органічної речовини із широким співвідношенням C/N .

Отже, досягнення належного рівня секвестрації вуглецю в ґрунті передбачає як наявність свіжої органічної речовини, так і стехіометрично відповідний рівень вмісту мінерального азоту.

В оптимізації азотного статусу ґрунту помітну роль може відігравати застосування мікробних препаратів. Біопрепарати, впливаючи на розвиток кореневої системи культурних рослин і площі її адсорбуючої поверхні, збільшують ступені засвоєння азоту з добрив, чим запобігають його втратам. Крім того, передпосівна бактеризація насіння, впливаючи на ріст і розвиток культурних рослин, забезпечує суттєве збільшення рослинної біомаси, що може прямо позначатися на секвестраційних (щодо вуглецю) процесах у ґрунті. Саме тому значення мікробних препаратів не зводиться лише до їхнього впливу на продукційний процес сільськогосподарських культур. Їхню роль варто розглядати як фактор позитивного впливу на агроecosистеми в цілому.

2. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ У СИСТЕМІ ЗАХОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ

Методичні положення проведення оцінки еколого-економічної ефективності процесів трансформації органічної речовини в агроценозах базуються на результатах попередніх досліджень [27] з урахуванням додаткових аспектів, пов'язаних із застосуванням біологічних препаратів. Згідно з цим за методологічну основу проведення оцінки нами прийнято досягнення максимального рівня еколого-економічної ефективності у вигляді максимізації економічних результатів за дотримання таких параметрів екологічної сталості агроценозу:

- позитивні баланси гумусу по сівозміні (з інтенсивністю на рівні не менше від рекомендованих оптимальних 105–110 %) і NPK;
- забезпечення співвідношення C/N у межах рекомендованих оптимальних 20–30/1.

Методика розрахунків екологічної ефективності містила низку наведених нижче аспектів.

Визначення співвідношення C/N проводили за врахування джерел їх надходження до ґрунту. Оскільки в доступній літературі відсутній детальний перелік згаданих джерел, наводимо його за авторським баченням. Так, зокрема, до джерел надходження вуглецю належать:

- вивільнення в процесі мінералізації гумусу при вирощуванні відповідних сільськогосподарських культур;
 - надходження з посадковим матеріалом;
 - надходження з побічною продукцією, яка залишається на полі (залежно від системи удобрення);
 - надходження з корінням і післязбиральними рештками;
 - надходження з органічними добривами.
- До джерел надходження азоту належать:
- вивільнення в процесі мінералізації гумусу при вирощуванні відповідних сільськогосподарських культур;
 - надходження з посадковим матеріалом;
 - надходження з побічною продукцією, яка залишається на полі (залежно від системи удобрення);
 - надходження з корінням і післязбиральними рештками;
 - надходження з органічними добривами;
 - надходження з мінеральними добривами з урахуванням загальноприйнятого показника непродуктивних втрат на рівні 50 % мінерального азоту.

У процесі екологічної оцінки баланси гумусу та NPK визначали як різницю між їх надходженням (утворенням) в ґрунт із різних джерел органічної речовини й мінеральних добрив і статтями витрат згідно із загальноприйнятими методиками [28; 29]. Додатково враховано надходження азоту від мінералізації гумусу під певними сільськогосподарськими культурами [30].

Критеріями екологічної оцінки, як уже зазначалося, є забезпечення позитивного балансу гумусу з інтенсивністю балансу в межах рекомендованих 105–110 % [31] і позитивних балансів NPK. Стосовно балансів NPK допускається також незначний дефіцит (унаслідок вирощування сільськогосподарських культур) у межах, які є прийнятними для збереження екологічної рівноваги агроценозу [32].

У процесі проведення економічної оцінки основні результати-вні економічні показники (собівартість продукції, прибуток, рівень рентабельності виробництва, окупність додаткових витрат додатковим прибутком) визначали за загальновідомими формулами на основі розроблених технологічних карт і калькулювання собівартості продукції із включенням додаткових операцій і відповідних витрат, пов'язаних із застосуванням досліджуваних біологічних препаратів. Ціни на ресурси й сільськогосподарську продукцію прийнято на середньому рівні 2023–2024 рр. згідно зі статистичними даними.

Показники економічної та екологічної ефективності розраховано за середніми урожайними даними за 2021–2025 роки у польовому стаціонарному досліді на чорноземі вилугуваному дослідного поля ІСМАВ НААН в умовах короткоротаційної сівозміни (картопля – ячмінь ярий – горох – пшениця озима).

Варіанти системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні наведено в додатку А. Свіжу органічну речовину вносили під картоплю. Подрібнену солому у кількості 5 т/га заробляли у ґрунт відразу після збирання урожаю пшениці озимої (наприкінці липня) шляхом дискування, після чого у відповідних варіантах висівали на проміжній сидерат люпин вузьколистий. Сидеральну масу люпину (у середньому 13 т/га надземної маси за роки досліджень) заробляли у ґрунт шляхом дискування з наступною негли-

бокою оранкою (15 см) пізно восени (кінець листопада). У цей же час у відповідних варіантах вносили і заробляли у ґрунт підстилковий гній великої рогатої худоби з розрахунку 40 т/га.

Для передпосівної інокуляції посівного матеріалу застосовували такі біологічні препарати, розроблені в ІСМАВ НААН: для картоплі — Біогран (рідка препаративна форма), ячменю ярого — Мікрогумін (торф'яна препаративна форма), гороху — Ризогумін (торф'яна препаративна форма), пшениці озимої — Поліміксобактерин (рідкий препарат).

Результати розрахунків показників еколого-економічної ефективності виробництва на основі викладених вище методичних заходів наведено у відповідних інформаційних базах (додатки Б–Д).

3. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ У СИСТЕМІ ЗАХОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В ЧОРНОЗЕМІ ВИЛУГУВАНОМУ

Результати проведеного дослідження засвідчують, зокрема, що в усіх досліджуваних варіантах систем і рівнів удобрення сівозміни рівні вуглецево-азотного співвідношення (від 21,7 до 28,1) перебувають в межах біологічного оптимуму 20–30/1 (табл. 1). При цьому очікувано, що найбільш широке співвідношення C/N формується за використання на добриво 5 т/га соломи, а найбільш звужене — за мінеральної інтенсивної системи удобрення (максимальне за умов цього дослідження насичення агроценозу технічним азотом). За використання мікробних препаратів співвідношення C/N дещо розширюється, перебуваючи в оптимальних межах, за рахунок підвищення продуктивності й відповідного збільшення надходження в агроценоз мортмаси решток, яка, як відомо, характеризується широким вуглецево-азотним співвідношенням.

Таблиця 1 — Співвідношення C/N та основні показники економічної ефективності сівозміни за різних варіантів і систем удобрення (на прикладі польового стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному)

Системи удобрення	Співвідношення C/N			Продуктивність, т/га зернових одиниць			Прибуток, грн/га			Рентабельність, %			Окупність препа-ратів грн/грн
	I	II	+/-*	I	II	%*	I	II	%*	I	II	+/-*	
Без добрив (контроль)	24,8	25,3	+0,5	3,09	3,47	+12,2	10 945	14 403	+31,6	37,2	48,2	+11,0	7,24
Солома (під картоплю)	27,6	28,1	+0,4	3,38	3,80	+12,6	14 542	18 418	+26,7	48,8	60,6	+11,8	6,53
Сидерат (під картоплю)	23,4	24,0	+0,6	3,69	4,14	+12,1	17 051	21 886	+28,4	52,9	66,8	+13,9	8,36
Гній (під картоплю)	25,6	25,8	+0,2	4,43	4,59	+3,6	31 724	33 112	+4,4	98,0	101,1	+3,1	3,47
Солома + сидерат	25,5	26,1	+0,6	3,80	4,19	+10,4	18 618	23 181	+24,5	57,6	70,6	+13,0	8,33
Гній + сидерат	24,4	24,8	+0,4	4,82	5,18	+7,5	35 405	38 741	+9,4	98,3	106,1	+7,8	6,99
Мінеральна невисока	23,8	24,7	+0,8	4,27	4,82	+12,9	21 133	24 621	+16,5	59,4	68,0	+8,6	5,97
Мінеральна невисока + солома + сидерат	24,4	25,5	+1,0	4,68	5,42	+15,9	25 185	35 479	+40,9	65,2	90,0	+24,8	12,34
Мінеральна середня	22,9	23,8	+0,9	5,13	5,73	+11,7	29 724	36 675	+23,4	71,5	86,9	+15,4	10,97
Мінеральна середня + солома + сидерат	23,7	24,3	+0,6	5,55	6,05	+8,9	33 852	39 349	+16,2	76,0	87,2	+11,2	9,51
Мінеральна інтенсивна	21,7	22,3	+0,6	5,75	6,18	+7,4	34 073	39 097	+14,7	72,0	82,1	+10,1	16,33
Мінеральна інтенсивна + солома + сидерат	22,5	23,2	+0,7	6,13	6,68	+8,9	37 186	44 725	+20,3	74,0	87,7	+13,7	10,70
Гній + NPK	23,7	24,0	+0,3	5,45	5,71	+4,9	35 407	38 260	+8,1	86,8	92,7	+5,9	6,09
Гній + NPK + сидерат	22,7	23,1	+0,4	5,67	6,06	+6,9	35 257	39 281	+11,4	79,7	87,8	+8,1	7,81

Примітки: тут і далі абсолютні показники — із розрахунку на 1 га сівозміної площі; I — варіанти досліді без інкуляції; II — варіанти з інкуляцією. Символом * позначено зміни показників у варіантах з інкуляцією щодо значень, отриманих у відповідних варіантах без застосування мікробних препаратів.

Крім цього, застосування передпосівної бактеризації насінневого матеріалу сприяє підвищенню продуктивності й економічної ефективності виробництва. Водночас найменший ефект від бактеризації спостерігається у варіантах із застосуванням гною, оскільки інтродуковані з біопрепаратами в агроценоз мікроорганізми вступають у конкуренцію з раніше привнесеною потужною мікробіотою гною. Загалом же найвищі рівні продуктивності й економічної ефективності за більшістю показників досягаються за доповнення мінеральних систем удобрення заходами оптимізації вуглецево-азотного співвідношення, особливо у поєднанні із застосуванням мікробних препаратів.

Стосовно екологічної ефективності досліджуваних варіантів і систем удобрення сівозміни (табл. 2) варто зазначити, що застосування мікробних препаратів сприяє підвищенню балансу гумусу в усіх випадках. Водночас баланси основних макроелементів живлення зменшуються за рахунок їх додаткового виносу приростом урожаю. Але зазначене зменшення балансів за своїми розмірами не є критичним, а у разі великого профіциту навіть сприяє зниженню розміру непродуктивних втрат поживних речовин.

При цьому найбільш оптимальними з точки зору забезпечення оптимізації процесів трансформації органічної речовини в ґрунті та відтворення його родючості є варіанти з доповненням мінеральних систем удобрення заходами оптимізації вуглецево-азотного співвідношення, особливо у поєднанні із застосуванням мікробних препаратів, зокрема: «мінеральна інтенсивна + солома + сидерат», «гній + NPK», «гній + NPK + сидерат» (табл. 2). Основні показники еколого-економічної ефективності сівозміни по цих варіантах у більш деталізованому вигляді наведено в табл. 3. Як можна бачити, застосування біологічних препаратів сприяє підвищенню всіх показників економічної ефективності й балансів гумусу, а зменшення балансів основних макроелементів живлення не є критичним.

Таблиця 2 — Співвідношення C/N та інтенсивність балансів гумусу й основних макроелементів живлення в агроценозах за різних варіантів і систем удобрення (на прикладі польового стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному)

Системи удобрення	Співвідношення C/N		Інтенсивність балансу гумусу, %		Інтенсивність балансу азоту, %		Інтенсивність балансу фосфору, %		Інтенсивність балансу калію, %						
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II					
	+/-*		+/-*		+/-*		+/-*		+/-*						
Без добрив (контроль)	24,8	25,3	+0,5	70,7	75,8	+5,1	59,1	52,9	-6,2	9,0	8,0	-1,0	20,8	18,5	-2,3
Солома (під картоплю)	27,6	28,1	+0,4	87,1	92,6	+5,5	62,6	55,9	-6,7	15,9	14,0	-1,9	36,6	32,4	-4,3
Сидерат (під картоплю)	23,4	24,0	+0,6	82,3	88,3	+6,0	83,2	74,6	-8,7	26,2	23,2	-3,0	29,8	26,5	-3,3
Гній (під картоплю)	25,6	25,8	+0,2	115,9	118,2	+2,3	93,6	90,1	-3,5	83,9	80,5	-3,4	79,9	77,1	-2,9
Солома + сидерат	25,5	26,1	+0,6	101,6	105,1	+3,4	88,2	80,3	-7,9	32,4	29,2	-3,2	44,4	40,2	-4,2
Гній + сидерат	24,4	24,8	+0,4	121,9	127,2	+5,3	113,7	105,0	-8,7	93,3	85,5	-7,7	83,0	77,1	-5,9
Мінеральна невисока	23,8	24,7	+0,8	88,0	96,0	+8,0	67,4	60,6	-6,8	104,1	91,1	-13,0	51,2	45,2	-6,0
Мінеральна невисока + солома + сидерат	24,4	25,5	+1,0	109,5	120,5	+11,0	91,4	81,2	-10,2	116,5	101,4	-15,1	68,9	59,7	-9,2
Мінеральна середня	22,9	23,8	+0,9	100,7	109,7	+9,1	76,0	69,4	-6,6	172,2	152,8	-19,5	72,9	65,2	-7,7
Мінеральна середня + солома + сидерат	23,7	24,3	+0,6	125,7	133,3	+7,6	94,5	87,8	-6,7	178,0	161,8	-16,2	86,1	78,9	-7,2
Мінеральна інтенсивна	21,7	22,3	+0,6	109,7	116,0	+6,2	83,6	79,2	-4,4	230,2	213,6	-16,6	91,9	85,7	-6,2
Мінеральна інтенсивна + солома + сидерат	22,5	23,2	+0,7	133,8	142,0	+8,2	99,5	93,6	-6,0	233,5	215,1	-18,5	103,3	95,0	-8,3
Гній + NPK	23,7	24,0	+0,3	131,5	135,4	+3,9	98,1	94,0	-4,1	181,4	172,1	-9,3	106,2	101,0	-5,1
Гній + NPK + сидерат	22,7	23,1	+0,4	137,9	143,7	+5,8	113,9	107,2	-6,7	186,8	173,4	-13,4	109,8	102,6	-7,2

Таблиця 3 — Основні показники еколого-економічної ефективності варіантів систем удобрення, застосування яких забезпечує оптимізацію процесів трансформації органічної речовини в ґрунті та відтворення його родючості (на прикладі польового стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному)

Показники	Мінеральна (N ₀₈ P ₀₈ K ₀₈) + солома (1,25 т) + сидерат люпин (3,25 т)			Органо-мінеральна I (гній (10 т) +N ₃₃ P ₃₃ K ₃₃)			Органо-мінеральна 2 (гній (10 т) + N ₃₃ P ₃₃ K ₃₃ + сидерат люпин (3,25 т))		
	I	II	+/-	I	II	+/-	I	II	+/-
			%*			%*			%*
Надходження С, кг/га	4964	5218	+254	4840	4949	+109	5327	5484	+157
Надходження N, кг/га	220,8	225,3	+4,5	203,9	205,9	+2,0	234,9	237,7	+2,8
Співвідношення C/N	22,5	23,2	+0,7	23,7	24,0	+0,3	22,7	23,1	+0,4
Продуктивність, т зерн. од.	6,13	6,68	+0,55	5,45	5,71	+0,26	4,8	5,67	+0,39
Собівартість 1 т зерн. од., грн	8202	7632	-570	7483	7224	-259	7804	7386	-418
Прибуток, грн.	37 186	44 724	+7538	35 408	38 259	+2851	35 257	39 281	+4024
Рівень рентабельності, %	74,0	87,7	13,7	86,8	92,7	+5,9	79,7	87,8	+8,1
Окупність додаткових витрат прибутком, грн/грн	×	10,7	×	×	6,09	×	×	7,81	×
Баланс гумусу, т/га	0,52	0,64	+0,12	+23,1	+0,55	+0,05	+10,0	0,60	+0,08
Інтенсивність балансу гумусу, %	133,8	142,0	+8,2	×	131,5	+3,9	×	137,9	+5,8
Баланс N, кг/га	-0,8	-12,5	-11,7	-	-2,8	-6,4	-	+21,3	+11,7
Інтенсивність балансу N, %	99,5	93,6	-5,9	×	98,1	-4,1	×	113,9	107,2
Баланс P, кг/га	+61,1	+57,2	-3,9	-6,4	+33,5	+31,3	-2,2	+37,1	+33,8
Інтенсивність балансу P, %	233,5	215,1	-18,4	×	181,4	-9,3	×	186,8	173,4
Баланс K, кг/га	+4,2	-6,9	-11,1	-	+7,0	+1,3	-81,4	+11,6	+3,3
Інтенсивність балансу K, %	103,3	95,0	-8,3	×	106,2	-5,2	×	109,8	102,6

При цьому можна припустити, що оптимальним за агрофонів цього досліджу та наявної цінової ситуації є насичення агроценозу вуглецем на рівні 4840–5484 кг/га та азотом — 203,9–237,7 кг/га за співвідношення між ними 22,5–24,0, що дозволяє, з одного боку, максимально використовувати удобрювальний потенціал азоту, а з другого — секвеструвати потенційно надлишковий вуглець у ґрунті. Зазначене надає інформаційну базу для ухвалення обґрунтованих за екологічними й економічними параметрами управлінських рішень щодо розроблення систем удобрення залежно від умов конкретного господарства (наявність тваринництва та його побічної продукції, наявність фінансових ресурсів для забезпечення високих рівнів мінерального удобрення тощо) і залежно від прийнятої економічної стратегії й поточної (або ж очікуваної) ринкової цінової ситуації:

- максимізація продуктивності й обсягів виробництва (варіант «мінеральна інтенсивна + солома + сидерат»);
- економія витрат і зменшення собівартості продукції (варіант «гній + NPK»);
- максимізація прибутку (варіант «мінеральна інтенсивна + солома + сидерат»);
- максимізація рентабельності (варіант «гній + NPK»);
- інвестування в подальше підвищення потенційної родючості ґрунту (у разі стимулювання державою такої стратегії подібно до розвинених країн, або ж далекоглядності інвесторів тощо) — варіант «гній + NPK + сидерат».

ВИСНОВКИ

1. Застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур є дієвим засобом підвищення еколого-економічної ефективності виробництва за усіх досліджуваних систем удобрення. Незначне зниження балансів основних макроелементів живлення, яке спостерігається при цьому внаслідок збільшення їх виносу додатковим урожаєм, не є критичним для екологічної сталості агроценозу за дотримання інших чинників.

2. За використання мікробних препаратів співвідношення C/N дещо розширюється, перебуваючи в межах біологічного оптимуму, за рахунок підвищення продуктивності й відповідного збільшення надходження в агроценоз мортмаси решток, яка, як відомо, характеризується широким вуглецево-азотним співвідношенням.

3. Підвищення показників економічної ефективності за рахунок застосування мікробних препаратів у варіантах систем удобрення із внесенням гною є меншим у порівнянні з усіма іншими добривами та їхнім поєднанням, оскільки бактерії, інтродуковані в агроценоз із біопрепаратами, вступають у конкуренцію з потужною мікробіотою внесеного перед цим до ґрунту гною. Водночас застосування гною дозволяє досягати підвищення екологічних показників без значних додаткових фінансових вкладень.

4. Досягнення максимального економічного ефекту за дотримання параметрів екологічної стабільності агроценозу досягається за комплексного доповнення мінеральних систем удобрення заходами оптимізації вуглецево-азотного співвідношення у поєднанні із застосуванням мікробних препаратів.

5. Оптимальним за умов цього досліджу та наявної цінової ситуації є насичення агроценозу вуглецем на рівні 4840–5484 кг/га та азотом — 203,9–237,7 кг/га за співвідношення C/N 22,5–24,0.

ЛІТЕРАТУРА

1. Thierfelder C., Wall P. C. Effects of conservation agriculture on soil quality and productivity in contrasting agro-ecological environments of Zimbabwe. *Soil Use and Management*. 2012. 28. P. 209–220. doi: 10.1111/j.1475-2743.2012.00406.x

2. Verma B. C., Datta S. P., Rattan R. K., Singh A. K. Labile and stabilised fractions of soil organic carbon in some intensively cultivated alluvial soils. *J. Environ. Biol.* 2013. 34(6). 1069. PMID: 24555339.

3. Wang X., Butterly C. R., Baldock J. A., Tang C., Long-term stabilization of crop residues and soil organic carbon affected by residue quality and initial soil pH. *Sci. Total Environ.* 2017. 587. P. 502–509. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.02.199

4. Qin S., Hu C., He X., Dong W., Cui J., Wang Y. Soil organic carbon, nutrients and relevant enzyme activities in particle-size fractions under conservational versus traditional agricultural management. *Appl. Soil Ecol.* 2010. 45(3). P. 152–159. doi: 10.1016/j.apsoil.2010.03.007

5. Campbell E. E., Paustian K. Current developments in soil organic matter modeling and the expansion of model applications: a review. *Environ. Res. Lett.* 2015. 10(12). P. 123004. doi: 10.1088/1748-9326/10/12/123004

6. Jobbágy E. G., Jackson R. B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol Appl.* 2000. 10. P. 423–436. doi:10.1890/1051-0761(2000)010[0423:TVDOSO]2.0.CO;2

7. Friedlingstein P., Jones M. W., O’Sullivan M. et al. Global carbon budget. *Earth System Science Data*. 2019. 11. P. 1783–1838. <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>

8. Dignac M. F., Derrien D., Barré P. et al. Increasing soil carbon storage: Mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A Review. *Agron. Sustain. Devel.* 2017. 37. 14. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0421-2>

9. Minasny B., Malone B. P., McBratney A. B. et al. Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*. 2017. 292. P. 59–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>

10. Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*. 2004. 304. P. 1623–1627. doi: 10.1126/science.1097396

11. Волкогон В. В. Оптимізація процесів мінералізації ↔ синтезу органічної речовини у чорноземі вилугуваному. Тези Міжн. науково-практичної конф. «Ґрунтозахисні технології як фактор родючості ґрунтів і високих врожаїв», присвяченої 100-річчю від Дня народження професора М. К. Шикули (20–21 лютого 2025 р., Київ). Київ, НУБІП. С. 25–27.

12. van der Heijden M. G., Bardgett R. D., van Straalen N. M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol Lett.* 2008. 11. P. 296–310. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x

13. Schimel J. P., Schaeffer S. M. Microbial control over carbon cycling in soil. *Front. Microbiol.* 2012. 3. P. 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00348>

14. Liang C., Amelung W., Lehmann J., Kästner M. Quantitative assessment of microbial necromass contribution to soil organic matter. *Glob Change Biol.* 2019. 25. P. 3578–3590. <https://doi.org/10.1111/gcb.14781>

15. Kindler R., Miltner A., Thullner M., Richnow H. H., Kästner M. Fate of bacterial biomass derived fatty acids in soil and their contribution to soil organic matter. *Org Geoche.* 2009. 40. P. 29–37. doi: 10.1016/j.orggeochem.2008.09.005

16. Miltner A., Bombach P., Schmidt-Brücken B., Kästner M. SOM genesis: Microbial biomass as a significant source. *Biogeochemistry*. 2012. 111. 41–55. doi: 10.1007/s10533-011-9658-z

17. Benner R. Biosequestration of carbon by heterotrophic microorganisms. *Nature Rev. Microbiol.* 2011. 9. 75. <https://doi.org/10.1038/nrmic ro2386-c3>

18. Vitousek P. M., Aber J. D., Howarth R. W. et al. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. 1997. *Ecological Applications*. 7(3). 737–750.

19. Tilman D. Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices. *P. Natl. Acad. Sci. USA*. 1999. 96. 5995–6000.

20. Ladha J. K., Pathak H., J. Krupnik T., Six J., & van Kessel C. Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production: Retrospects and Prospects. *Advances in Agronomy*. 2005. № 87, P. 85–156. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)87003-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(05)87003-8)

21. Liang D., Zhang Q., Zhang W., Liu L., Liang H., Quirino R. L. et al. Tunable thermo-physical performance of castor oil-based polyurethanes with tailored release of coated fertilizers. *J. Cleaner Prod.* 2019. № 210. P. 1207–1215. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.047

22. Stoate C., B'aldi A., Beja P. et al. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe — a review. *J Environ Manage*. 2009. № 91. P. 22–46. doi: 10.1016/j.jenvman.2009.07.005

23. Spalding R. F., Exner M. E. Occurrence of nitrate in groundwater — a review. *J Environ Qual*. 1993. № 22. P. 392–402. doi: 10.2134/jeq1993.00472425002200030002x

24. Davidson E. A., Keller M., Erickson H. E., Verchot L. V., Veldkamp D. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. *Bioscience*. 2000. 50(8). P. 667–680. doi: 10.1641/0006-3568(2000)050[0667:TACMOS]2.0.CO;2

25. Fontaine S., Mariotti A., Abbadie L. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? *Soil Biology and Biochemistry*. 2003. 35(6). P. 837–843. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00123-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00123-8)

26. Jenkinson D. S., Parry L. C. The nitrogen cycle in the Broadbalk Wheat Experiment: a model for the turnover of nitrogen through the soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 1989. № 21. P. 535–541.

27. Халеп Ю. М., Волкогон В. В., Москаленко А. М., Иванов Д. В., Сащенко К. М. Еколого-економічна оцінка заходів оптимізації процесів трансформації органічної речовини в чорноземі вилуженому (науково-методичні рекомендації). Чернігів: видавець Брагинець О. В., 2023. 28 с.

28. Балюк С. А., Греков В. О., Лісовий М. В., Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: Міська друкарня, 2011. 30 с.

29. Тараріко Ю. О. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. – К.: Аграрна наука, 2005. 508 с.

30. Бацула О. О., Головачов Є. А., Дерев'янка Р. Г. та ін. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті (за ред. О. О. Бацули). К.: Урожай, 1987. 128 с.

31. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Ю., Бердніков О. М. та ін. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення) (за ред. Ю. О. Тараріка). К.: Аграрна наука, 2005. 200 с.

32. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения. М.: Изд-во с.-х. литературы, 1963. т. 1: Агрехимия. 692 с.

Системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному

Блок I. Без бактеризації				
Картопля	Ячмінь ярий	Горох	Пшениця озима	
без добрив	без добрив	без добрив	без добрив	без добрив
солома, 5 т/га	а	б	с	с
проміжний сидерат (люпин вузьколистий)	а	б	с	с
40 т/га гною	а	б	с	с
солома + сидерат	а	б	с	с
40 т/га гною + сидерат	а	б	с	с
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + солома + сидерат	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + а	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + б	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + с	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + с
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ + солома + сидерат	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + а	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + б	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + с	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + с
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + солома + сидерат	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + а	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + б	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + с	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + с
40 т/га гною + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + а	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + б	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + с	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + с
40 т/га гною + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ + сидерат	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + а	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + б	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + с	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + с

Блок II. За використання мікробних препаратів (аналогічні системи удобрення)

а) першого року післядя органічних добрив; б) другого року післядя органічних добрив; с) третього року післядя органічних добрив.

Інформаційна база показників економічної ефективності варіантів і систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному (без застосування біологічних препаратів)

№ варіанту	Системи удобрення	Надходження на 1 га сівозмінної площі, кг		C/N	На 1 га сівозмінної площі, грн			Рентабельність, %	Зернові одиниці	
		С	N		витрати	реалізація	прибуток		вихід із 1 га, т	собівартість 1 т, грн
1	Без добрив (контроль)	2729	110,14	24,8	29 395	40 340	10 945	37,2	3,09	9517
2	Солома	3297	119,23	27,6	29 786	44 329	14 543	48,8	3,38	8812
3	Сидерат	3381	144,53	23,4	32 204	49 255	17 021	52,9	3,69	8727
4	Гній	4422	172,85	25,6	32 358	64 082	31 724	98,0	4,43	7304
5	Солома + сидерат	3878	152,05	25,5	32 299	50 917	18 618	57,6	3,80	8450
6	Гній + сидерат	5023	205,47	24,4	36 029	71 434	35 405	98,3	4,82	7475
7	Мінеральна невисока	3240	135,98	23,8	35 602	56 735	21 133	59,4	4,27	8338
8	Мінеральна невисока + солома + сидерат	4283	175,24	24,4	38 598	63 783	25 185	65,2	4,68	8247
9	Мінеральна середня	3657	159,99	22,9	41 569	71 293	29 724	71,5	5,13	8103
10	Мінеральна середня + солома + сидерат	4719	199,34	23,7	44 567	78 419	33 852	76,0	5,55	8030
11	Мінеральна інтенсивна	3949	181,78	21,7	47 333	81 406	34 073	72,0	5,75	8232
12	Мінеральна інтенсивна + солома + сидерат	4964	220,76	22,5	50 277	87 463	37 186	74,0	6,13	8202
13	Гній + NPK	4840	203,91	23,7	40 782	76 190	35 408	86,8	5,45	7483
14	Гній + NPK + сидерат	5327	234,87	22,7	44 245	79 502	35 257	79,7	5,67	7804

Інформаційна база показників економічної ефективності варіантів і систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному (із застосуванням біологічних препаратів)

№ варіанту	Системи удобрення	Надходження на 1 га сівозмінної площі, кг		C/N	На 1 га сівозмінної площі, грн			Рентабельність, %	Зернові одиниці		Окупність інюкляції, грн/грн
		С	N		витрати	реалізація	прибуток		вихід із 1 га, т	собівартість 1 т, грн	
1	Без добрив (контроль)	2861	113,06	25,3	29 873	44 276	14 403	48,2	3,47	8618	7,24
2	Солома	3442	122,60	28,1	30 380	48 798	18 418	60,6	3,80	7995	6,53
3	Сидерат	3551	148,20	24,0	32 782	54 668	21 886	66,8	4,14	7918	8,36
4	Гній	4484	174,04	25,8	32 758	65 870	33 112	101,1	4,59	7157	3,47
5	Солома + сидерат	4045	155,08	26,1	32 847	56 029	23 182	70,6	4,19	7839	8,33
6	Гній + сидерат	5161	208,04	24,8	36 507	75 248	38 741	106,1	5,18	7048	6,99
7	Мінеральна невисока	3455	140,09	24,7	36 186	60 807	24 621	68,0	4,82	7507	5,97
8	Мінеральна невисока + солома + сидерат	4623	181,45	25,5	39 432	74 911	35 479	90,0	5,42	7275	12,34
9	Мінеральна середня	3910	164,46	23,8	42 202	78 878	36 676	86,9	5,73	7365	10,97
10	Мінеральна середня + солома + сидерат	4925	202,97	24,3	45 145	84 494	39 349	87,2	6,05	7462	9,51
11	Мінеральна інтенсивна	4127	185,01	22,3	47 641	86 738	39 097	82,1	6,18	7709	16,33
12	Мінеральна інтенсивна + солома + сидерат	5218	225,30	23,2	50 981	95 705	44 724	87,7	6,68	7632	10,70
13	Гній + NPK	4949	205,94	24,0	41 251	79 510	38 259	92,7	5,71	7224	6,09
14	Гній + NPK + сидерат	5484	237,70	23,1	44 760	84 041	39 281	87,8	6,06	7368	7,81

Інформаційна база показників балансів та їхньої інтенсивності за різних варіантів і систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному (без застосування біологічних препаратів)

№ варіанту	Системи удобрення	Гумус		Азот		Фосфор		Калій	
		баланс, т/га	інтенсивність, %	баланс, кг/га	інтенсивність, %	баланс, кг/га	інтенсивність, %	баланс, кг/га	інтенсивність, %
1	Без добрив (контроль)	-0,42	70,7	-31,2	59,1	-22,0	9,0	-51,5	20,8
2	Солома	-0,16	87,1	-31,1	62,6	-22,1	15,9	-45,1	36,6
3	Сидерат	-0,25	82,3	-15,1	83,2	-21,0	26,2	-54,5	29,8
4	Гній	0,29	115,9	-6,6	93,6	-5,2	83,9	-18,5	79,9
5	Солома + сидерат	0,02	101,6	-10,9	88,2	-19,7	32,4	-44,4	44,4
6	Гній + сидерат	0,38	121,9	15,2	113,7	-2,3	93,3	-17,0	83,0
7	Мінеральна невисока	-0,18	88,0	-38,2	67,4	1,4	104,1	-43,9	51,2
8	Мінеральна невисока + солома + сидерат	0,16	109,5	-10,9	91,4	5,9	116,5	-30,7	68,9
9	Мінеральна середня	0,01	100,7	-35,6	76,0	28,2	172,2	-29,2	72,9
10	Мінеральна середня + солома + сидерат	0,41	125,7	-8,6	94,5	32,6	178,0	-16,2	86,1
11	Мінеральна інтенсивна	0,14	109,7	-28,6	83,6	56,4	230,2	-9,8	91,9
12	Мінеральна інтенсивна + солома + сидерат	0,52	133,8	-0,8	99,5	61,1	233,5	4,2	103,3
13	Гній + NPK	0,50	131,5	-2,8	98,1	33,5	181,4	7,0	106,2
14	Гній + NPK + сидерат	0,60	137,9	21,3	113,9	37,1	186,8	11,6	109,8

Примітка: абсолютні показники — із розрахунку на 1 га сівозмінної площі.

Інформаційна база показників балансів та їхньої інтенсивності за різних варіантів і систем удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні стаціонарного досліді ІСМАВ НААН на чорноземі вилугуваному (із застосуванням біологічних препаратів)

№ варіанту	Гумус		Азот		Фосфор		Калій	
	баланс, т/га	інтенсивність, %	баланс, кг/га	інтенсивність, %	баланс, кг/га	інтенсивність, %	баланс, кг/га	інтенсивність, %
1	-0,35	75,8	-40,9	52,9	-25,3	8,0	-59,8	18,5
2	-0,08	92,6	-42,0	55,9	-25,8	14,0	-54,4	32,4
3	-0,16	88,3	-25,9	74,6	-24,6	23,2	-64,2	26,5
4	0,32	118,2	-10,6	90,1	-6,6	80,5	-21,9	77,1
5	0,10	105,1	-20,2	80,3	-22,9	29,2	-52,8	40,2
6	0,45	127,2	6,0	105,0	-5,5	85,5	-24,6	77,1
7	-0,07	96,0	-52,0	60,6	-3,4	91,1	-55,9	45,2
8	0,32	120,5	-26,9	81,2	0,6	101,4	-46,0	59,7
9	0,14	109,7	-49,9	69,4	23,2	152,8	-42,0	65,2
10	0,51	133,3	-20,7	87,8	28,4	161,8	-26,9	78,9
11	0,23	116,0	-38,6	79,2	53,0	213,6	-18,5	85,7
12	0,64	142,0	-12,5	93,6	57,2	215,1	-6,9	95,0
13	0,55	135,4	-9,2	94,0	31,3	172,1	1,3	101,0
14	0,68	143,7	11,7	107,2	33,8	173,4	3,3	102,6

Примітка: абсолютні показники — із розрахунку на 1 га сівозмінної площі.

Наукове видання

Еколого-економічна ефективність поєднання застосування мікробних препаратів із заходами оптимізації процесів трансформації органічної речовини в чорноземі вилугуваному

(науково-методичні рекомендації)

Ю. М. Халеп
В. В. Волкогон
А. М. Москаленко
Д. В. Іванов
К. М. Сащенко

Комп'ютерна верстка та макетування В. О. Агєєв
Коректура О. В. Льчук

Підписано до друку 19.12.2025 р. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times.
Умовн. друк. арк. 1,63. Обл.-вид. арк. 0,95.
Зам. № 25283-09. Наклад 50 прим.

Видавець та виготовлювач: ФОП Агєєв В. О.
Свід. про внесення до держ. реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК, № 8282 від 02.05.2025.
Запис в єдиному держ. реєстрі № 201035000000182294 від 01.08.2022.
Україна, 14005, м. Чернігів, вул. В'ячеслава Чорновола, 4, к. 15.
<http://siver-druk.com.ua> e-mail: siverdruk11@gmail.com