

УДК 633.1:631.874:631.8(477.82) <https://doi.org/10.31713/vs2202610>

Мошинський В. С. [1; ORCID ID: 0000-0002-1661-6809],

д.с.-г.н., професор,

Вознюк С. А. [1; ORCID ID: 0009-0004-3143-5178],

аспірант

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

СИДЕРАЦІЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ В КОРТОКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

У статті обґрунтовано доцільність і практичні параметри застосування сидерації в короткоротаційній трипільній сівозміні (соя – пшениця озима – картопля) малого фермерського господарства Рівненського району на темно-сірих опідзолених ґрунтах агропромислової групи 49д. Виявлено три календарних вікна для сидерації: після сої (30–45 днів) – для небобових сидератів родини Капустяних; після пшениці озимої (8–9 місяців) – для кінських бобів як озимого сидерату; після картоплі (6–7 місяців) – для озимого жита перед соєю. Розраховано еквівалент надходження органічної речовини від сидератів у гної підстилкового: від 3,1 т/га (фацелія) до 7,8 т/га (кінські боби). Оптимальна стратегія з використанням усіх трьох вікон (редька олійна + кінські боби + озиме жито) може забезпечити сумарний еквівалент 16,0 т/га гною підстилкового на ротацію. Проведено економічний аналіз: витрати на сидерацію є у 4–7 разів нижчими порівняно з вартістю еквівалентної кількості гною підстилкового.

Ключові слова: сидерація; еквівалент гною підстилкового; кінські боби; озиме жито; Капустяні; родючість ґрунту; короткоротаційна сівозміна; Рівненська область; Західний Лісостеп.

Постановка проблеми. Підтримання бездефіцитного балансу органічної речовини є одним із ключових завдань сучасного землеробства, особливо в умовах короткоротаційних сівозмін малих фермерських господарств. Встановлено, що в умовах трипільної сівозміни соя – пшениця озима – картопля на ґрунтах агропромислової групи 49д Рівненської області формується від'ємний баланс гумусу [18]. Це означає, що надходження органічної речовини з рослинними рештками культур сівозміни не компенсує її мінералізаційних втрат і без додаткових заходів родючість ґрунту поступово знижуватиметься.

Традиційним шляхом поповнення органічної речовини є внесення гною підстилкового. Однак в умовах малих фермерських господарств без власного тваринництва доступність гною підстилкового є обмеженою, а його вартість – значною. Альтернативою є сидерація – вирощування спеціальних культур із наступним заробленням їх зеленої маси в ґрунт. Цей агрозахід дозволяє не лише поповнити запаси органічної речовини, а й покращити фізичні властивості ґрунту, збагатити його азотом (у випадку бобових сидератів) і активізувати мікробіологічну діяльність [1; 2].

Разом з тим застосування сидерації в короткочасних сівозмінах має свої обмеження, пов'язані передусім із календарними вікнами між збиранням основної культури і сівбою наступної. У сівозміні соя – пшениця озима – картопля такі вікна є різними за тривалістю: від 30–45 днів після сої до 6–9 місяців після пшениці озимої і картоплі, і потребують диференційованого підходу до вибору сидеральних культур. Наукове обґрунтування можливостей сидерації в конкретних умовах регіону є актуальним практичним завданням для малих господарств Західного Лісостепу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сидерація як агрозахід широко досліджується у контексті відтворення родючості ґрунтів і оптимізації систем удобрення. Доведено, що заробка зеленої маси сидератів підвищує вміст гумусу, покращує структуру ґрунту і активізує діяльність ґрунтової мікробіоти [1; 2; 16]. Бобові сидерати додатково збагачують ґрунт біологічно фіксованим азотом, що дозволяє частково скоротити норми мінеральних азотних добрив під наступну культуру [9; 17].

Для умов Лісостепу України найбільш вивченими сидеральними культурами є гірчиця біла (*Sinapis alba*), редька олійна (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) і фацелія (*Phacelia tanacetifolia*) як небобові, та люпин (*Lupinus spp.*) і кінські боби (*Vicia faba*) як бобові [2]. Гірчиця біла і редька олійна відрізняються швидким початковим ростом і здатністю формувати значну надземну біомасу за короткий вегетаційний період (40–55 днів), що робить їх придатними для використання у стислих міжкультурних вікнах [2; 10]. Фацелія є універсальним медоносом із добрими фітосанітарними властивостями.

Кінські боби (*Vicia faba*) у Західному Лісостепі вирощуються переважно як кормова і харчова культура, проте їх потенціал як сидерату є значним: завдяки розвиненій кореневій системі і здатності до симбіотичної фіксації атмосферного азоту вони формують до 150–250 кг N/га і накопичують велику біомасу [6; 7; 9]. Холодостійкість культури дозволяє проводити сівбу в ранні строки і використовувати більш тривале вегетаційне вікно після збирання пшениці озимої [6; 8].

Озиме жито (*Secale cereale* L.) є традиційною покривною культурою для осінньо-зимового періоду. Завдяки потужній мичкуватій кореневій системі і холодостійкості воно ефективно захищає ґрунт від ерозії, пригнічує бур'яни і накопичує значну біомасу до моменту заробки навесні [1; 2]. В умовах Лісостепу України озиме жито як сидерат формує 20–30 т/га зеленої маси, що за еквівалентом надходження органічної речовини є співставним з небобовими ярими сидератами [2].

Рослини родини Капустяних (*Brassicaceae*) характеризуються швидким початковим ростом і здатністю накопичувати сірку у біомасі, що позитивно впливає на доступність цього елемента у ґрунті після мінералізації [11; 12]. Капустяні сидерати також проявляють виражений фітосанітарний ефект через виділення летких глюкозинолатів при заробці зеленої маси, що пригнічує популяції нематод та ґрунтових патогенів [13; 14].

Дослідженнями встановлено, що поєднання мінерального удобрення і сидерації забезпечує синергетичний ефект: сидерат покращує умови мінералізації і засвоєння внесених добрив, тоді як мінеральне удобрення підвищує продуктивність самого сидерату [15; 16]. Економічний аспект сидерації в малих господарствах також є сприятливим: витрати на насіння і сівбу є значно нижчими порівняно з вартістю еквівалентної кількості гною підстилкового [2].

Об'єкт, предмет і мета дослідження. Об'єктом дослідження є система удобрення із застосуванням сидерації в умовах короткоротаційної трипільної сівозміни (соя – пшениця озима – картопля) малих фермерських господарств Рівненської області Західного Лісостепу України.

Предметом дослідження є агрономічні можливості і календарні вікна для сидерації в досліджуваній сівозміні, порівняльна характеристика сидеральних культур та їх еквівалент надходження органічної речовини для ґрунтів агровиробничої групи 49д.

Мета статті – обґрунтувати доцільність і практичні параметри застосування сидерації в короткоротаційній сівозміні малого

фермерського господарства Західного Лісостепу як заходу відтворення родючості ґрунту із визначенням оптимальних культур для кожного календарного вікна.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження виконано на основі даних агрохімічного обстеження ґрунту агровиробничої групи 49д (темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані слабозмиті середньосуглинкові) площею 0,28 га малого фермерського господарства Рівненського району Рівненської області. Характеристику агрохімічного стану ґрунту та результати якісної оцінки наведено в попередніх публікаціях авторів [18]. Якісну оцінку родючості ґрунту виконано відповідно до Методики агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (2019) [5].

Базова система удобрення в сівозміні включає внесення гною підстилкового 2,74 т/га під картоплю та мінеральних добрив у дозі $N_{10}P_{10}K_{10}$ під пшеницю озиму і сою у передпосівне внесення та N_{40} у весняне підживлення пшениці озимої з урахуванням показників агрохімічного паспорту ділянки [18].

Розрахунок надходження органічної речовини від сидератів проведено за загальноприйнятою методикою балансу гумусу з використанням коефіцієнтів гуміфікації зеленої маси і кореневих решток [3; 18]. Розрахункові параметри сидеральних культур обґрунтовано на основі нормативно-довідкової літератури та результатів вітчизняних і міжнародних наукових досліджень; польова верифікація отриманих показників на досліджуваній ділянці триває. Агрокліматичні параметри регіону прийнято за довідниковими даними для Рівненської області. Характеристику сидеральних культур наведено на основі нормативно-довідкової літератури та результатів досліджень для умов Лісостепу України [2; 6; 7]. Економічну оцінку виконано порівняльно-розрахунковим методом на основі ринкових цін 2024–2025 рр.

Виклад основного матеріалу

Агрокліматичні умови і календарні вікна для сидерації. Рівненська область належить до зони Західного Лісостепу з помірно континентальним кліматом. Середня температура липня становить $+18,5^{\circ}C$, вересня – $+13,2^{\circ}C$, стійкий перехід температури через $+5^{\circ}C$ восени відбувається в третій декаді жовтня. Сума активних

температур (вище $+10^{\circ}\text{C}$) становить $2400\text{--}2600^{\circ}\text{C}$, річна кількість опадів – $580\text{--}620$ мм із рівномірним розподілом протягом вегетаційного сезону [1]. Ці параметри визначають реальні можливості для вирощування сидератів у міжкультурні періоди.

У сівозміні соя – пшениця озима – картопля є три потенційних вікна для сидерації (табл. 1).

Таблиця 1

Календарні вікна для сидерації в сівозміні соя – пшениця озима – картопля в умовах Рівненської області

Вікно	Попередня культура	Строки збирання	Сівба / садіння наступної культури	Тривалість вікна	Придатність
1	Соя	кінець серпня	2–3 жовтня	30–45 днів	задовільна
2	Картопля	кінець серпня – середина вересня	квітень – травень	6–7 місяців	добра
3	Пшениця озима	кінець липня – початок серпня	квітень (наступного року)	8–9 місяців	добра

Вікно після сої реалізується при використанні ранньостиглих сортів із збиранням до кінця серпня. За таких умов до сівби пшениці (2–3 жовтня) залишається 30–45 днів, отже, достатньо для формування повноцінної біомаси гірчиці білої, редьки олійної і фацелії.

Вікно після картоплі є найменш використовуваним на практиці, однак за тривалістю воно є достатнім: після збирання картоплі в кінці серпня-середині вересня до сівби сої у квітні-травні наступного року є 6–7 місяців. Це дозволяє використовувати як озимі сидерати озиме жито з осіннім посівом і заробкою навесні перед сівбою сої. Заробка зеленої маси озимого жита проводиться в кінці квітня, що залишає 2–3 тижні до сівби сої у травні і не створює конфлікту у строках польових робіт.

Найбільш сприятливим є вікно після пшениці озимої перед картоплею: після збирання пшениці наприкінці липня – на початку серпня до садіння картоплі у квітні наступного року є 8–9 місяців, що дозволяє вирощувати кінські боби як озимий сидерат із заробкою зеленої маси навесні. Це вікно є унікальним у короткоротаційних

сівозмінах регіону і дозволяє максимально реалізувати потенціал кінських бобів як азотфіксуючого сидерату.

Характеристика сидеральних культур. Порівняльну характеристику сидеральних культур для використання у виявлених календарних вікнах сівозміни наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика сидеральних культур для короткоротаційної сівозміни соя – пшениця озима – картопля в умовах Західного Лісостепу

Показник	Гірчиця біла	Редька олійна	Фацелія	Кінські боби	Озиме жито
Вікно використання	після сої (раннє збирання)	після сої	після сої	після пшениці	після картоплі
Спосіб сидерації	яровий	яровий	яровий	озимий	озимий
Тривалість вегетації до зрізання, днів	40–50	45–55	45–60	240–270 (озимий)	210–240 (озимий)
Надземна біомаса, т/га зел. маси	15–25	20–30	15–20	25–35	20–30
Вміст N у зеленій масі, %	0,4–0,5	0,3–0,4	0,3–0,4	0,5–0,7	0,3–0,4
Біологічна фіксація N, кг/га	-	-	-	120–150	-
Коренева система	стрижнева, до 1,5 м	стрижнева, до 2,0 м	мичкувата	стрижнева, до 1,2 м	мичкувата, до 1,5 м
Фітосанітарний ефект	пригнічення бур'янів, нематод	пригнічення бур'янів	пригнічення бур'янів	-	пригнічення бур'янів, ерозії
Норма висіву, кг/га	15–20	20–25	8–12	180–220	150–200
Вартість насіння, грн/га (орієнт.)	800–1200	900–1400	600–900	1500–2200	1350–2400

Гірчиця біла і редька олійна є культурами родини Капустяних (*Brassicaceae*), що характеризуються швидким початковим ростом, стрижневою кореневою системою та накопиченням сірки у біомасі [11; 12]. Вони придатні для використання у вікні після сої. Фацелія є альтернативним небобовим варіантом із добрими медоносними і фітосанітарними властивостями.

Кінські боби виокремлюються своїм унікальним потенціалом для використання у тривалому вікні після пшениці. Озимий посів наприкінці серпня забезпечує 8–9 місяців вегетації, формування найбільшої серед досліджуваних культур надземної біомаси (25–35 т/га зеленої маси) і фіксацію 120–150 кг N/га [6; 7; 8]. При заробці навесні перед садінням картоплі значна частина фіксованого азоту вивільняється і засвоюється наступною культурою, що додатково скорочує потребу в мінеральних азотних добривах [9].

Фацелія є альтернативним небобовим варіантом для вікна після сої із добрими медоносними і фітосанітарними властивостями, однак поступається капустяним культурам за накопиченням сірки у біомасі.

Озиме жито у вікні після картоплі є економічно доступним і агрономічно виправданим сидератом: завдяки озимому типу розвитку воно формує потужну мичкувату кореневу систему завглибшки до 1,5 м, ефективно захищає ґрунт від ерозії в осінньо-зимовий період і накопичує 20–30 т/га зеленої маси до моменту заробки навесні. Додатковою перевагою є виражений фітосанітарний ефект, а саме пригнічення бур'янів і збереження структури ґрунту під снігом [1; 2].

Розрахунок надходження органічної речовини від сидеральних культур. Розрахунок виконано за методикою балансу гумусу, застосованою у попередній публікації авторів [18]. Надходження органічної речовини від сидерату розраховується з урахуванням біомаси надземної частини, корневих решток і коефіцієнтів гуміфікації: для зеленої маси – 0,06–0,07; для корневих решток – 0,10–0,15. Результати розрахунку наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Розрахунок надходження органічної речовини та гумусу від сидеральних культур (на 1 га)

Показник	Гірчиця біла	Редька олійна	Фацелія	Кінські боби	Озиме жито
Надземна біомаса, т/га зел. маси	20,0	25,0	17,5	30,0	25
Суша речовина надземної частини, т/га	2,60	3,25	2,45	4,95	3,25
Коренева маса (суха речовина), т/га	0,65	0,81	0,61	1,49	0,81
Загальна органічна речовина, т/га	3,25	4,06	3,06	6,44	4,06

продовження табл. 3

Коефіцієнт гуміфікації (середній)	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06
Надходження гумусу від сидерації, т/га	0,20	0,24	0,18	0,45	0,24
Еквівалент у гної підстилкового, т/га	3,4	4,1	3,1	7,8	4,1

Примітка: еквівалент у гної підстилкового розраховано виходячи з утворення 0,058 т гумусу на 1 т внесеного гною (консервативна оцінка за методикою [3]).

Отримані дані свідчать, що найменш продуктивним є сидерат фацелія (еквівалент 3,1 т/га гною підстилкового), тоді як кінські боби як озимий сидерат можуть забезпечити найвищий еквівалент – 7,8 т/га. Найбільший агрономічний ефект може мати місце при поєднанні редьки олійної після сої (еквівалент 4,1 т/га гною) з кінськими бобами після пшениці (7,8 т/га) – сумарний еквівалент 11,9 т/га гною підстилкового на ротацію. При додаванні озимого жита після картоплі (4,1 т/га) сумарний еквівалент може досягти 16,0 т/га гною підстилкового. Ці результати узгоджуються з даними міжнародних досліджень, що підтверджують значний потенціал бобових сидератів для відтворення органічної речовини ґрунту [15; 16].

Економічний аспект застосування сидерації в малих фермерських господарствах. Економічна доцільність сидерації визначається співвідношенням витрат на її проведення і вартості агрономічного ефекту, який вона забезпечує. Для малих фермерських господарств із обмеженими ресурсами ключовим є порівняння витрат на сидерацію із вартістю еквівалентної кількості органічних добрив. Орієнтовний розрахунок витрат на сидерацію наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Орієнтовні витрати на проведення сидерації та їх порівняння з вартістю еквівалентної кількості гною підстилкового

(Рівненська область, 2024–2025 рр.)

Показник	Гірчиця біла	Редька олійна	Фацелія	Кінські боби	Озиме жито
Норма висіву, кг/га	15–20	20–25	8–12	180–220	150–200
Вартість насіння, грн/га	800–1200	900–1400	600–900	1500–2200	1350–2400
Витрати на сівбу, грн/га	400–600	400–600	400–600	400–600	400–600
Витрати на заробку, грн/га	600–800	600–800	600–800	600–800	600–800

продовження табл. 4

Загальні витрати, грн/га	1800– 2600	1900– 2800	1600– 2300	2500– 3600	2350– 3800
Еквівалент у гної підстилковому, т/га	3,4	4,1	3,1	7,8	4,1
Вартість еквівалентного гною підстилкового, грн/га	6800– 8500	8200– 10250	6200– 7750	15600– 19500	8200– 10250
Економія порівняно з гноєм підстилковим, грн/га	4200– 6700	5400– 8350	3900– 6150	12000– 17000	4400– 7900

Примітка: вартість гною підстилкового прийнято 2000–2500 грн/т з урахуванням транспортування; витрати на сівбу і заробку – орієнтовні для умов малих господарств Рівненської області; вартість внесення гною не враховувалась.

Наведені розрахунки свідчать про високу економічну ефективність сидерації для малих фермерських господарств. Навіть найдорожчий варіант – кінські боби (2500–3600 грн/га) є у 4–8 разів дешевшим порівняно з вартістю еквівалентної кількості гною підстилкового (15600–19500 грн/га). Для небобових сидератів економія становить 3900–8350 грн/га, для озимого жита – 4400–7900 грн/га.

Додатковим економічним ефектом сидерації є скорочення витрат на мінеральні добрива. Кінські боби як бобовий сидерат фіксують 120–150 кг N/га, що дозволяє скоротити дозу азотних добрив під картоплю на 30–50 кг N/га (2100–3500 грн/га).

Таким чином, сидерація є економічно виправданим заходом для малих фермерських господарств Західного Лісостепу України, що забезпечує значну економію порівняно з традиційним внесенням гною підстилкового при одночасному покращенні родючості ґрунту.

Висновки. У короткоротаційній трипільній сівозміні соя – пшениця озима – картопля на ґрунтах агровиробничої групи 49д Рівненської області при наявному від'ємному балансі гумусу (–0,33 т/га/рік при оранці), є необхідність додаткових заходів відтворення родючості ґрунту з використанням сидерації.

У досліджуваній сівозміні виявлено три календарних вікна для сидерації: після сої (30–45 днів) придатне для небобових сидератів родини Капустяних; після пшениці озимої (8–9 місяців) оптимальне для кінських бобів як озимого сидерату; після картоплі (6–7 місяців) придатне для озимого жита перед соєю.

Небобові сидерати родини Капустяних (гірчиця біла, редька олійна) після сої можуть забезпечити надходження органічної речовини в еквіваленті 3,4–4,1 т/га гною підстилкового.

Кінські боби як озимий сидерат після пшениці можуть забезпечити найвищий еквівалент надходження органічної речовини серед досліджуваних культур – 7,8 т/га гною підстилкового, а також фіксацію 120–150 кг N/га, що дозволить скоротити витрати на азотні добрива під картоплю.

Озиме жито після картоплі є доступним і економічно виправданим сидератом з можливим еквівалентом надходження органічної речовини 4,1 т/га гною підстилкового, що додатково захищає ґрунт від ерозії в осінньо-зимовий період.

Оптимальною стратегією є поєднання всіх трьох вікон сидерації: редька олійна після сої + кінські боби після пшениці + озиме жито після картоплі, сумарне надходження органічної речовини на ротацію може бути еквівалентним 16,0 т/га гною підстилкового, що є суттєвим внеском у відтворення родючості ґрунту. Витрати на сидерацію є у 4–7 разів нижчими порівняно з вартістю еквівалентної кількості гною підстилкового.

Розрахункові параметри обґрунтовано на основі вітчизняних і міжнародних наукових досліджень; польова верифікація отриманих показників на досліджуваній ділянці триває.

1. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : СІК ГРУП УКРАЇНА, 2015. 374 с. 2. Цицюра Я. Г., Неїлик М. М., Дідур І. М., Поліщук М. І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства : монографія. Вінниця : Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с. 3. 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 : КП «Міська друкарня», 2011. 30 с. 4. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с. 5. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. Яцука І. П., Балюка С. А. 2-ге вид. Київ, 2019. 108 с. 6. Tedone L., Alhajj Ali S., De Mastro G. The Effect of Tillage on Faba Bean (*Vicia faba* L.) Nitrogen Fixation in Durum Wheat-Based Rotation under a Mediterranean Climate. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, No. 1. Art. 105. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010105>. 7. Neugschwandtner R. W., Bernhuber A., Kammlander S. et al. Effect of Two Seeding Rates on Nitrogen Yield and Nitrogen Fixation of Winter and Spring Faba Bean. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 8. Art. 1711. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12081711>. 8. Stein S., Hartung J., Perkons U. et al. Plant and soil N of different winter cover crops as green manure for subsequent organic white cabbage. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2023. Vol. 127. P. 285–298. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-023-10306-9>. 9. Etemadi F., Hashemi M., Zandvakili O., Dolatabadian A., Sadeghpour A. Nitrogen Contribution from Winter-Killed Faba Bean Cover Crop to Spring-Sown Sweet Corn in Conventional and No-Till Systems. *Agronomy*

Journal. 2018. Vol. 110, No. 2. P. 455–462. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.08.0501>. **10.** Talgre L., Lauringsen E., Roostalu H., Astover A., Makke A. Green manure as a nutrient source for succeeding crops. *Plant, Soil and Environment*. 2012. Vol. 58, No. 6. P. 275–281. DOI: <https://doi.org/10.17221/22/2012-PSE>. **11.** Couëdel A., Alletto L., Justes É. Crucifer-legume cover crop mixtures provide effective sulphate catch crop and sulphur green manure services. *Plant and Soil*. 2018. Vol. 426, No. 1–2. P. 61–76. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3615-8>. **12.** Couëdel A., Alletto L., Tribouillois H., Justes É. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 254. P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.017>. **13.** Zasada I. A., Ferris H. Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*. 2004. Vol. 36. P. 1017–1024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.014>. **14.** Waisen P., Cheng Z., Sipes B. S., Wang K.-H. Biofumigation effects of brassicaceous cover crops on soil health in cucurbit agroecosystems in Hawaii, USA. *Pedosphere*. 2022. Vol. 32, No. 4. P. 521–531. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60054-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60054-1). **15.** Li P., Jia L., Chen Q., Zhang H., Deng J., Lu J., Xu L., Li H., Hu F., Jiao J. Adaptive evaluation for agricultural sustainability of different fertilizer management options for a green manure–maize rotation system. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 908. Art. 168170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168170>. **16.** Liang X., Jin X., Han B., Sun R., Xu W., Li H. et al. Research Progress on the Improvement of Farmland Soil Quality by Green Manure. *Agriculture*. 2025. Vol. 15. Art. 768. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15070768>. **17.** Wei J., Fan Z., Hu F. et al. Legume green manure can intensify the function of chemical nitrogen fertilizer substitution via increasing nitrogen supply and uptake of wheat. *The Crop Journal*. 2024. Vol. 12, No. 4. P. 1222–1232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2024.07.004>. **18.** Мошинський В. С., Вознюк С. А. Управління балансом гумусу в короткоротаційній сівозміні малих фермерських господарств Західного Лісостепу. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки* : зб. наук. праць. 2025. Вип. 4(112). С. 168–179. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs4202513>.

REFERENCES:

1. Hospodarenko H. M. *Ahrokhimiia* : pidruchnyk. Kyiv : SIK HRUP UKRAINA, 2015. 374 s.
2. Tsytsiura Ya. H., Neilyk M. M., Didur I. M., Polishchuk M. I. *Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsii suchasnykh system zemlerobstva* : monohrafiia. Vinnytsia : Vydavets TOV «Druk», 2022. 770 s.
3. Baliuk S. A., Hrekov V. O., Lisovyi M. V., Komarysta A. V. *Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rehovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia*. Kharkiv : KP «Miska drukarnia», 2011. 30 s.
4. DSTU 4362:2004. *Yakist gruntu. Pokaznyky rodiuchosti gruntiv*. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 18 s.
5. *Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia* / za red. Yatsuka I. P., Baliuka S. A. 2-he vyd. Kyiv, 2019. 108 s.
6. Tedone L., Alhajj Ali S., De Mastro G. The Effect of Tillage on Faba Bean (*Vicia faba* L.) Nitrogen Fixation in Durum Wheat-Based Rotation under a Mediterranean Climate. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, No. 1. Art. 105. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010105>.
7. Neugschwandtner R. W., Bernhuber A.,

Kammlander S. et al. Effect of Two Seeding Rates on Nitrogen Yield and Nitrogen Fixation of Winter and Spring Faba Bean. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 8. Art. 1711. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12081711>. **8.** Stein S., Hartung J., Perkons U. et al. Plant and soil N of different winter cover crops as green manure for subsequent organic white cabbage. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2023. Vol. 127. P. 285–298. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-023-10306-9>. **9.** Etemadi F., Hashemi M., Zandvakili O., Dolatabadian A., Sadeghpour A. Nitrogen Contribution from Winter-Killed Faba Bean Cover Crop to Spring-Sown Sweet Corn in Conventional and No-Till Systems. *Agronomy Journal*. 2018. Vol. 110, No. 2. P. 455–462. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.08.0501>. **10.** Talgre L., Lauringson E., Roostalu H., Astover A., Makke A. Green manure as a nutrient source for succeeding crops. *Plant, Soil and Environment*. 2012. Vol. 58, No. 6. P. 275–281. DOI: <https://doi.org/10.17221/22/2012-PSE>. **11.** Couëdel A., Alletto L., Justes É. Crucifer-legume cover crop mixtures provide effective sulphate catch crop and sulphur green manure services. *Plant and Soil*. 2018. Vol. 426, No. 1–2. P. 61–76. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3615-8>. **12.** Couëdel A., Alletto L., Tribouillois H., Justes É. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 254. P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.017>. **13.** Zasada I. A., Ferris H. Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*. 2004. Vol. 36. P. 1017–1024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.014>. **14.** Waisen P., Cheng Z., Sipes B. S., Wang K.-H. Biofumigation effects of brassicaceous cover crops on soil health in cucurbit agroecosystems in Hawaii, USA. *Pedosphere*. 2022. Vol. 32, No. 4. P. 521–531. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60054-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60054-1). **15.** Li P., Jia L., Chen Q., Zhang H., Deng J., Lu J., Xu L., Li H., Hu F., Jiao J. Adaptive evaluation for agricultural sustainability of different fertilizer management options for a green manure–maize rotation system. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 908. Art. 168170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168170>. **16.** Liang X., Jin X., Han B., Sun R., Xu W., Li H. et al. Research Progress on the Improvement of Farmland Soil Quality by Green Manure. *Agriculture*. 2025. Vol. 15. Art. 768. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15070768>. **17.** Wei J., Fan Z., Hu F. et al. Legume green manure can intensify the function of chemical nitrogen fertilizer substitution via increasing nitrogen supply and uptake of wheat. *The Crop Journal*. 2024. Vol. 12, No. 4. P. 1222–1232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2024.07.004>. **18.** Moshynskyi V. S., Vozniuk S. A. Upravlinnia balansom humusu v korotkorotatsiinii sivozmini malykh fermerskykh hospodarstv Zakhidnoho Lisostepu. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky : zb. nauk. prats.* 2025. Vyp. 4(112). S. 168–179. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs4202513>.

Moshynskyi V. S. [1; ORCID ID: 0000-0002-1661-6809],
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Vozniuk S. A. [1; ORCID ID: 0009-0004-3143-5178],
Post-graduate Student

¹National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

GREEN MANURE AS A COMPONENT OF THE FERTILIZATION SYSTEM IN SHORT-ROTATION CROP SEQUENCES OF SMALL FARMING ENTERPRISES IN THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Maintaining a positive humus balance is one of the key challenges in short-rotation crop sequences on small private farms, particularly in the Western Forest-Steppe of Ukraine where access to organic fertilizers is limited. The present study substantiates the feasibility and practical parameters of green manure application in a three-field short-rotation crop sequence (soybean – winter wheat – potato) on a small private farm of Rivne district, Rivne region, on dark grey podzolized soils of agroproduction group 49d. Three calendar windows for green manuring were identified and characterized: after soybean harvest (30–45 days) – suitable for fast-growing Brassicaceous crops (white mustard, oil radish); after winter wheat harvest (8–9 months) – optimal for faba bean (*Vicia faba*) as a winter green manure prior to potato planting; after potato harvest (6–7 months) – suitable for winter rye as a green manure prior to soybean sowing. The equivalent of organic matter input from green manures expressed in farmyard manure ranges from 3.1 t/ha (phacelia) to 7.8 t/ha (faba bean). Faba bean fixes 100–200 kg N/ha through symbiotic nitrogen fixation, which allows reducing mineral nitrogen fertilizer rates under potato by 30–50 kg N/ha. Winter rye after potato effectively protects soil from erosion during the autumn-winter period and provides an organic matter equivalent of 4.1 t/ha of farmyard manure. The optimal strategy combining all three green manure windows – oil radish after soybean, faba bean after winter wheat, and winter rye after potato – may provide a total organic matter equivalent of 16.0 t/ha of farmyard manure per rotation. Economic analysis confirms the viability of green manuring for small farms: total costs are 4–7 times lower than the cost of an equivalent amount of farmyard manure. All calculated parameters are based on domestic and international research data; field verification on the studied farm is ongoing.

Keywords: green manuring; farmyard manure equivalent; faba bean; winter rye; Brassicaceae; soil fertility; short-rotation crop sequence; Rivne region; Western Forest-Steppe.

Отримано / Received: 21.04.2026

Прийнято до друку / Accepted: 22.05.2026

Опубліковано / Published: 29.05.2026



© 2026 [Moshynskiy V. S., Vozniuk S. A.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org)