

УДК 633.34:631.847:631.81(477.4)

DOI:10.37128/2707-5826-2025-3-8

**АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
ПОТЕНЦІАЛ ПОЛІВИДОВОЇ
ХРЕСТОЦВІТОЇ СИДЕРАЦІЇ ТА
ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ ЗА
ВИРОЩУВАННЯ СОЇ**

Я.Г. ЦИЦЮРА, кандидат с.-г. наук,
доцент

Вінницький національний аграрний
університет

За трьохрічний цикл досліджень проведено оцінку ефективності застосування різновидової (однокомпонентної) та полівидової (багатокомпонентної) сидерації за використання хрестоцвітих видів рослин у технологіях вирощування двох високо інтенсивних сортів сої.

Визначено сидераційний потенціал у варіанті літньої проміжної сидерації на чорноземах опідзолених в умовах нестійкого зволоження для таких видів як гірчиця біла, редька олійна та суріпиця яра як у варіанті одновидового застосування, так і у варіанті полівидової технології за підбраного співвідношення компонентів. Проведено комплексну оцінку впливу сидератів з позиції їх агрохімічного потенціалу як джерела основних макроелементів та компоненту активного впливу на ґрунтовий профіль за рахунок біофумігаційного ефекту характерного для хрестоцвітих видів рослин. Сформовано середньорічний потенціал сидеральної біомаси застосованих видів рослин як альтернативний варіант біоорганічного удобрення для можливості їх застосування у системах удобрення сільськогосподарських культур та сої зокрема.

Визначено рівні міжрічної мінливості основних параметрів сидераційного потенціалу різних видів сидератів та їх чутливість з позиції рівнів гідротермічного забезпечення території, що дозволило оцінити потенційну можливість їх застосування у варіантах біоорганічного удобрення.

Проаналізовано вплив вивчаємих варіантів сидерації на рівень забур'яненості агроценозів сортів сої у розрізі різних біологічних груп бур'янів та зроблено комплексні висновки щодо ефективної можливості використання сидератів з метою зниження сегетальної деградації ґрунтового покриву та супутнього зниження рівнів гербіцидного навантаження на ґрунти та підвищення потенційної можливості отримання продукції вищого статусу органічності, що для сої є важливим з огляду на багатопрофільність застосування її зерна в тому числі і у варіанті харчових компонентів.

Проведено ефективність варіантів полівидової сидерації з позиції формування максимальної урожайності вивчаємих сортів сої з приростом до фонового контролю на варіанті застосованої на підприємстві варіанту мінерального живлення у середньо сортовому значенні 15,87%.

Визначено та обґрунтовано доцільність сидератів за вирощування сої та сформульовано перспективи подальших досліджень у питаннях сидераційного забезпечення технологій вирощування сої в умовах нестійкого режиму зволоження території.

Ключові слова: редька олійна, гірчиця біла, суріпиця яра, проміжна культура, біоорганічне удобрення, рослинна біомаса, урожайність.

Табл. 4., Рис. 2., Літ. 15.

Постановка проблеми. Виклики пов'язані з суттєвим подорожчанням класичних мінеральних добрив та їх сумішей, виражений дефіцит органічних добрив тваринного походження, інтенсивна деградація ґрунтового покриву – зумовила виражену спрямованість до конструювання біоорганічних систем удобрення сільськогосподарських культур як за використання різного виду біоорганічних препаратів, так і за рахунок застосування різнострокової сидерації [1].

При цьому сидерація розглядається як варіант, що максимально імітує природний процес ґрунтової іммобілізації органіки з властивими йому темпами гуміфікації, формуванням позитивних динамічних реакцій у ґрунтовому вбирному комплексі й подальшим позитивним впливом на формування базових властивостей ґрунту та збереження або навіть підвищення його потенціалу родючості. Такі позитивні риси сприяють значній поширеності сидеральних варіантів удобрення, розвитку технологічних рішень у цій сфері та формування переліку видів рослин, які є оптимальними з позиції застосування [2].

Водночас, наявність більше 60 видів рослин, які можуть використовуватись, як традиційні сидеральні культури, стала динаміка деградації ґрунтового покриву цільового сільськогосподарського використання та зміни клімату вимагають дослідження ефективних технологій сидерації, які б гарантували надійний удобрювальний та ґрунтозберігаючий ефект, були адаптованими до відповідного ресурсного та ґрунтово-кліматичного режиму відповідних територій. Саме такий підхід дасть змогу вести мову про ефективне заміщення класичних систем удобрення на альтернативні біоорганічні, де сидерація є одним із головних компонентів [3].

Слід відмітити, що в останні роки все більшу зацікавленість світова наукова спільнота приділяє варіантам полівидової сидерації в межах рослин однієї ботанічної родини або кількох видів з різних ботанічних родин, зокрема найчастіше із залученням злаково-бобових комбінацій. Такий підхід дає змогу поєднати позитивні риси та адаптивні стратегії росту й розвитку різних видів рослин, створити оптимальні умови для різноярусного розвитку в ґрунті кореневих систем сидератів та формування достатньої кількості надземної біомаси з поліпшеним біохімічним складом. Це в підсумку гарантує істотні переваги таких варіантів над одновидовими варіантами сидеральних технологій [4].

Серед різних видів сільськогосподарських рослин, які традиційно застосовують для сидерації, більше 40 % світових площ припадає на рослини родини хрестоцвітих, зокрема таких видів як гірчиця біла, гірчиця коричнева, гірчиця чорна, редька олійна, ріпак ярий та озимий, суріпиця яра та озима, тифон, турнепс тощо. У багатьох регіонах помірної кліматичної зони світу, з варіантами континентального клімату, для умов достатнього та нестійкого зволоження хрестоцвіті сидерати є технологічно найбільш популярним варіантом різнострокового їх застосування [5]. Проте, незважаючи на таке домінування саме хрестоцвітих видів, питання їх полівидового використання має обмежену практику [6]. В Україні відмічена подібна тенденція. Така ситуація з актуалізацією сумішей хрестоцвітих видів у плані доцільного управління ґрунтовою родючістю, ефективною заміни класичних агрохімікатів та наявним вираженням біофумігаційним ефектом даних видів рослин актуалізує дослідження з питань полівидового застосування хрестоцвітих видів рослин у різних сферах агротехнологічних рішень, у тому числі й у варіантах сидерації.

Враховуючи актуальність сидеральних систем удобрення та вище викладені узагальнення питання поставлені на вивчення у наших дослідженнях мають значну актуальність і направлені на вирішення важливої стратегічної задачі розробки адаптивних біоорганічних систем удобрення сільськогосподарських культур, які одночасно володіють властивостями ґрунтозбереження та ґрунтоутворення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Система сидеральних технологій має досить тривалу історію вивченості на території України. На сьогодні визначено принципи технологічні схеми застосування основних сидеральних культур та їх сумішок дво- та багатокомпонентного характеру [2]. Сформовано також принципи агротехнологічні рішення стосовно строків сівби, норм висіву, удобрення та способів заробки у ґрунт ряду поширених сидератів [3]. Узагальнено ряд особливостей розкладу сидеральної маси, формування її біохімічного складу та впливу окремих едафічних чинників та формування технологічності та агротехнологічної її цінності [5]. При цьому слід зауважити що редьку олійну з огляду на інтенсивність вивчення та практичне її застосування можна віднести до культур недостатньо вивчених [2], але з високим перспективним потенціалом як у різних ґрунтово-кліматичних зонах, так і на різних типах ґрунтів [2]. Питання формування біохімічного потенціалу рослин редьки олійної активно вивчалось у період 1970–1990 років [3], проте нових актуалізованих даних надзвичайно мало, особливо з позиції встановлення закономірностей формування цього показника по відношенню до гідротермічного режиму території.

Слід також зауважити, що питання сидерації за вирощування сої є також питанням маловивченим з огляду на загальну специфіку сої з позиції симбіотичної азотфіксації та чутливості рослин до продуктів розкладу рослинної маси [6]. Останні дослідження були зосереджені на аспектах біоорганічного удобрення сої за рахунок комбінування соломи, рослинних решток та післядії сидерату на фоні відповідного мінерального удобрення сої [6, 7]. Системна інформація щодо впливу сидерації різновидового характеру на ростовий та продуктивний процес рослин сої в науковій практиці агротехнологій даної культури майже відсутня. Це пояснюється формування домінуючої несидеральної практики вирощування зернобобових культур в Україні, а застосування елементів біологізації удобрення на підставі використання в першу чергу препаратів біологічного походження, стимуляторів росту та інокулянтів біоорганічного характеру у компенсації до частини класичного мінерального живлення [3].

Вказані вище особливості доводять актуальність проведених досліджень та їх важливість для агротехнологічної практики вирощування сої для умов правобережного Лісостепу України.

Умови та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. в умовах СТОВ «Дружба» (с. Ульянівка, Вінницького району, Вінницької області) на чорноземах опідзолених. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок мав такі агрохімічні показники: вміст гумусу – 3,09 %, легкогідролізованого азоту – 97,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 136,5 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 104,9 мг/кг ґрунту, pH_{KCl} – 6,1.

Досліджували чотири варіанти сидерації за літнього строку сівби сидерату (третя декада липня – перша декада серпня). Варіанти досліду представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Схема досліду щодо вивчення варіантів різновидової сидерації з позиції впливу на урожайність сортів сої, 2022–2024 рр.*

Варіант досліджу**	Сорт сої (чинник А)	Вид сидерату (чинник В)
I	Беттіна	Гірчиця біла (2,5 млн схожих насінін/га)
II		Редька олійна (2,5 млн схожих насінін/га)
III		Суріпиця яра (2,0 млн схожих насінін/га)
IV		Полівидова сидерація (співвідношення компонентів за нормою висіву: гірчиця біла (40%, 1 млн схожих насінін/га) + редька олійна (50%, 1,25 млн схожих насінін/га) + суріпиця яра (10%, 0,25 млн схожих насінін/га))
I		
II		
III		
IV		

* у кожному варіанті сидерації застосовано 250 л/га суміші водного розчину комплексного, концентрованого біопрепарату-деструктора Ротура (з розрахунку 1 л/га) та аміачної селітри (з розрахунку 3 кг/га) з внесенням на скошену та подрібнену масу сидерату; ** на фоні системи удобрення сої у господарстві, яка передбачала застосування: інокулянту HighCot Super, протруювача насіння Максим XL та системи позакореневих підживлень хелатними добривами з макро- і мікроелементів Wonder Mikro, Wonder Yellow і Wonder Bor на фоні внесенням мінерального добрива нормою $N_{20}P_{20}S_9$.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

У якості контрольного варіанту для оцінки окремих показників було обрано контрольний варіант із відсутністю сидерації. Посів проводили на глибину до 3–4 см, орієнтуючись на середній допуск параметру для суміші трьох видів сидератів. Застосовували обов'язкове післяпосівне коткування для обох строків сівби. Вирощування сидератів проводили на неудобреному фоні. Строк сидерації для одновидових варіантів застосування рослин сидератів відповідав фазі їх цвітіння, а для варіанту полівидової сидерації строк обирали з урахуванням певної асинхронності цвітіння видів та швидкості дозрівання біомаси сидерату та був зорієнтований на початок цвітіння редьки олійної в полівидовій суміші.

Сидерати для всіх варіантів загортали в ґрунт на глибину 14–16 см після попереднього скошування з подрібненням. Для оптимізації процесу сидерації та подальшого розкладання її в ґрунтового профілі на всіх варіантах практикували внесення на подрібнену масу нормою 250 л/га суміші водного розчину комплексного, концентрованого біопрепарату-деструктора Ротура (з розрахунку 1 л/га) та аміачної селітри (з розрахунку 3 кг/га).

Ротура – комплексний концентрований біопрепарат для прискорення розкладання рослинних решток, мінералізації поживних елементів, оздоровлення ґрунту та попередження його деградації. До його складу входить: комплекс грибів *Trichoderma spp*, бактерій *Bacillus ssp*, *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, гумати калію, фульвокислота. Загальне число життєздатних клітин – $2,5-5,0 \times 10^9$ КУО/см³.

Додавання до препарату Ротура 3 кг/га селітри здійснювали з метою оптимального старту препарату при обробці подрібненої маси. Досліджувані види рослин сидератів були представлені такими сортами: редька олійна – Журавка, гірчиця біла – Кароліна, суріпиця яра – Діамант.

Сітка із сидератів накладалась на два сорти сої Беттіна та Вишиванка.

Сорт Беттіна у реєстрі з 2019 року. Має таку агро виробничу оцінку: вегетація 107–113 діб. Висота рослин 65–90 см. Стійкість (балів) до вилягання 8–9, до обсіпання 8–9, посухи до 8, пероноспорозу 8–9, аскохітозу 8–9, бактеріозу 8–9, септоріозу 8–9, фузаріозу – до 9 балів. Вміст білка – 36–38%, олії – 22,5–23,8%. Рівень урожайності 2,2–2,7 т/га.

Сорт Вишиванка у реєстрі з 2019 року. Рівень урожайності за період сортовипробування в інтервалі 1,9–2,6 т/га. Вегетаційний період 104–115 діб. Висота рослин в інтервалі 68–84 см. Стійкісні характеристики (балів) до: вилягання 8–9, обсіпання 8, посухи 8, пероноспорозу 9, аскохітозу 9, бактеріозу 8–9, септоріозу 9, фузаріозу 9 балів. Вміст білка – 37,8–39,2%, вміст олії – 21,8–22,9%.

Застосована схема сидерації була технологічно накладена на досліджувану систему удобрення детально описану в [8].

Дослідні ділянки було сформовано у чотирьохразовій повторності методом дрібноділянкової рендомізації (загальна площа ділянки 40 м² облікова площа ділянки 25 м²). Всі лабораторні хімічні аналізи проводилися з використанням відібраних зразків листостеблової маси на рубіжну дату її використання із визначенням базових компонентів біохімічного аналізу, виражених в абсолютно сухій вазі відповідно до стандартних методик з врахуванням європейських стандартів [9–12].

Гідротермічні умови періоду досліджень підтвердили належність території досліджень до режиму нестійкого зволоження (табл. 2). Показники періоду досліджень було оцінено як період із відносно нестійким зволоженням за оптимуму показника для умов 2022 року та з мінімальним режимом оптимальності для умов 2024 року.

Таблиця 2

Показники гідротермічного режиму періоду вегетації сидератів та рослин сої, 2022–2024 рр.

Роки та періоди оцінки VII–XII/ I–IX	За період				
	показник середньо-добової температури повітря за період, °C	загальна сума активних температур, °C	сума опадів, мм	відносна вологість повітря, %	загальний індекс зволоження, мм/°C
2021/2022	7,51	2317,8	463,5	75,8	0,20
2022/2023	8,23	2508,7	769,7	76,2	0,31
2023/2024	9,79	3011,4	702,5	74,5	0,23

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Статистична обробка результатів досліджень передбачала застосування показників варіаційної статистики в статистичних програмах Statistica 10 (StatSoft – Dell Software Company, США). Для статистичної оцінки було використано такі показники як середнє арифметичне, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації та коефіцієнт кореляції Пірсона [13].

Виклад основного матеріалу досліджень. Результати оцінки досліджуваних варіантів сидерації засвідчили істотність різниці їх біопродуктивного потенціалу (рис. 1). Відповідно до представлених результатів, у варіантах одновидової сидерації найбільш істотно відмінний рівень урожайності визначено для редьки олійної: середньобагаторічний показник був на рівні 24,71 т/га, при показнику міжрічної варіації у значенні 43,20%.

Мінімальний рівень продуктивності для обох строків сівби відмічено при застосуванні ярої суріпиці – 16,04 т/га, за міжрічного варіювання у значенні 30,52%. Високі рівні міжрічного варіювання на фоні встановлених відмінностей у гідротермічних умовах періодів вегетації 2022–2024 рр. засвідчили залежність всіх видів рослин сидератів від погодніх умов, особливо від режиму вологозабезпечення, де визначений кореляційний зв'язок мав прямий характер залежності з кількістю опадів за період вегетації при $r = 0.789$ ($p < 0.01$), для єдиного масиву даних у межах варіантів досліду.

За таких умов застосування полівидової сидерації забезпечило додатковий приріст загальної сидеральної біомаси рослин у значенні 2,55 т/га що, в порівнянні з найбільш продуктивним сидеральним видом рослин (редькою олійною) в досліді, становило приріст на рівні 8,00 %.

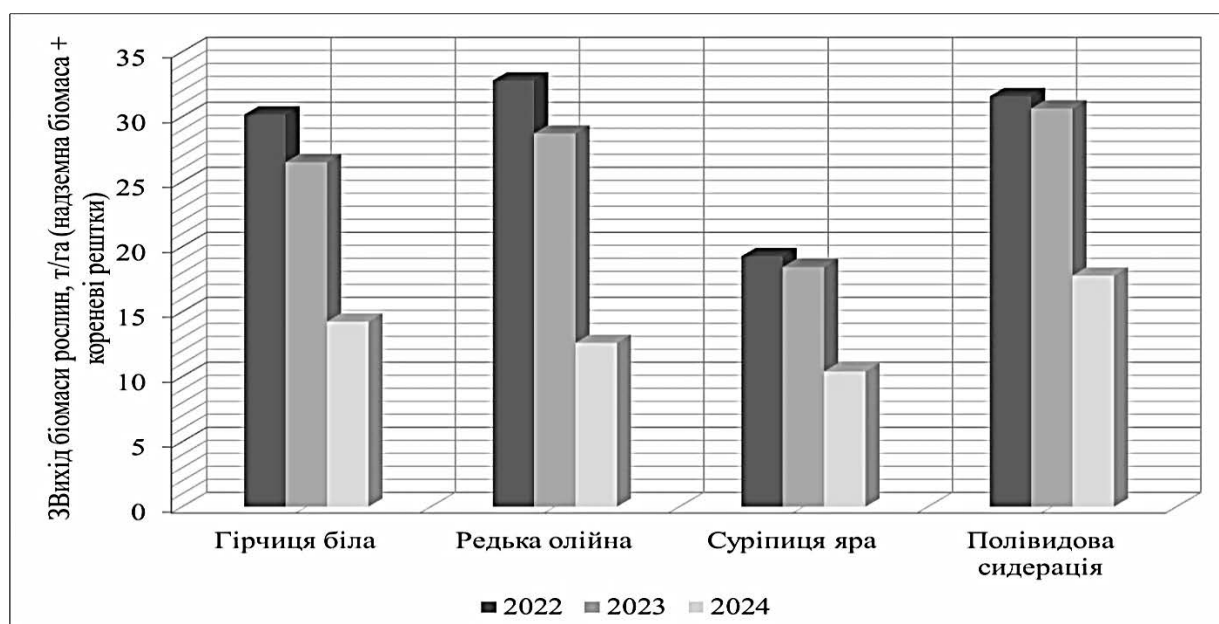


Рис. 1. Співставний біопродуктивний потенціал варіантів сидерації, 2020–2024 рр. (НІР₀₅, т/га, для чинника А – 2,58, для чинника В – 1,47).

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Встановлено, що всі досліджувані види хрестоцвітих сидератів мають високий рівень біохімічної сидераційної якості та біофумігаційного потенціалу на основі результуючих отриманих даних біохімічного складу загальної (листочеклова маса + коренева маса) біомаси рослин (табл. 3).

Таблиця 3

Удобрювальний та біофумігаційний потенціал різних варіантів видової сидерації (середнє за 2022–2024 рр.)

Варіант сидерації	Акумуляція в загальній сидеральній масі рослин (в еквіваленті кг/га)			Вміст глюкозинолатів, мкмоль/г сухої речовини	Біофумігаційний потенціал за вмістом глюкозинолатів, моль/га
	азоту	фосфору	калію		
Гірчиця біла	92,25 ^a	24,15 ^a	84,75 ^a	20,69 ^a	81,54 ^a
Редька олійна	102,368 ^b	20,69 ^b	122,14 ^b	18,74 ^b	73,59 ^b
Суріпиця яра	61,75 ^c	22,47 ^a	103,87 ^c	21,88 ^c	80,96 ^c
Полівидова	96,18 ^d	25,16 ^a	110,57 ^d	21,03 ^a	82,39 ^a

*різні індексні літери вказують на істотну різницю між варіантами в межах одного строку сівби на рівні значущості $p < 0.05$.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Отримані середні багаторічні дані підтвердили ефективність полівидової хрестоцвітної сидерації загальними показниками зростання удобрювального та біофумігаційного потенціалу. Це пояснюється з позиції синергетичного ефекту полівидових сумішей – як за рахунок вищого рівня продуктивності й адаптивності такого варіанту сидерації, так і за рахунок зміни структури біохімічного складу з підсиленням окремих позицій за більш істотно вищого їх значення в окремих видів рослин сидератів [5, 6]. Так, порівняно з середнім значенням по одновидових варіантах сидерації, визначено приріст акумуляції в біомасі сидерату азоту на рівні 12,55 %, фосфору – 12,14 %, калію – 6,70%, біофумігаційного потенціалу – на рівні 4,69 %.

Ще однією важливою складовою ефективності реалізації сидерального потенціалу є антисегетальна його направленість [2, 15]. За цим показником, із позиції впливу на чисельність та структуру бур'янів у посівах відповідних культур, встановлено також істотні відмінності як у межах окремих видів сидератів, так і в зіставленні результатів варіанту полівидового способу сидерації (табл. 4).

У підсумку визначених позитивних агротехнологічних рис застосування сидерації позитивно вплинуло на рівень урожайності сортів сої (за систематичного застосування літнього строку сидерації) (рис. 2).

За результатами впливу застосованих варіантів сидерації, урожайність для обох сортів зростала з істотними відмінностями між варіантами застосування сидератів порівняно з контролем. Максимальні прирости відмічено у випадку застосування варіанту полівидової сидерації: приріст до контролю за вирощування сорту Вишиванка 16,58% а за вирощування сорту Беттіна –15.16%.

Таблиця 4

Кількість та маса бур'янів у межах їх біологічних груп, залежно від варіанту сидерації для агроценозу сортів сої (середнє за 2024–2024 рр.)

Варіант сидерації	Кількість бур'янів, шт./м ²					Маса бур'янів, г/м ²				
	біологічні групи бур'янів				всього го	біологічні групи бур'янів				всього го
	ярі ранні	ярі пізні	зиму ючі	багато -річні		ярі ранні	ярі пізні	зиму ючі	багато -річні	
Сорт Беттіна										
Без сидерату (контроль)	9,9	10,5	2,4	1,6	24,5	73,8	66,7	19,4	10,1	170,0
Редька олійна	4,6	3,7	1,0	1,0	10,3	29,6	35,8	12,8	3,8	81,9
Гірчиця біла	5,4	4,3	1,4	1,3	12,4	33,6	42,4	18,2	5,4	99,6
Суріпиця яра	7,4	5,3	2,0	1,4	16,3	63,1	52,0	16,4	8,4	139,9
Полівидова сидерація	3,4	2,2	0,7	0,8	7,1	21,1	25,1	8,0	2,2	56,4
<i>НІР₀₅</i>	1,3	0,8	1,0	0,3	0,8	11,1	11,6	8,4	1,6	24,7
Сорт Вишиванка										
Без сидерату (контроль)	14,7	15,4	3,7	2,7	36,0	93,5	91,4	35,1	12,2	231,6
Редька олійна	6,7	6,3	1,7	1,6	15,6	41,2	44,3	18,2	8,6	111,8
Гірчиця біла	7,0	5,8	2,1	1,8	14,0	45,7	49,7	14,8	5,0	114,6
Суріпиця яра	8,4	7,7	2,0	2,1	19,6	47,2	48,5	19,9	9,8	124,8
Полівидова сидерація	5,7	4,9	1,4	1,3	12,6	30,5	39,9	12,7	3,5	86,1
<i>НІР₀₅</i>	1,2	0,9	1,1	0,6	1,3	11,3	11,3	8,4	1,8	24,6

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Такий характер формування позитивно співвідноситься із рядом досліджень [6, 7] та вказує на ефективну взаємодію морфопродуктивної архітекτονіки сортів сої із позитивною дією застосування сидерації з огляду на оптимізацію ґрунтового

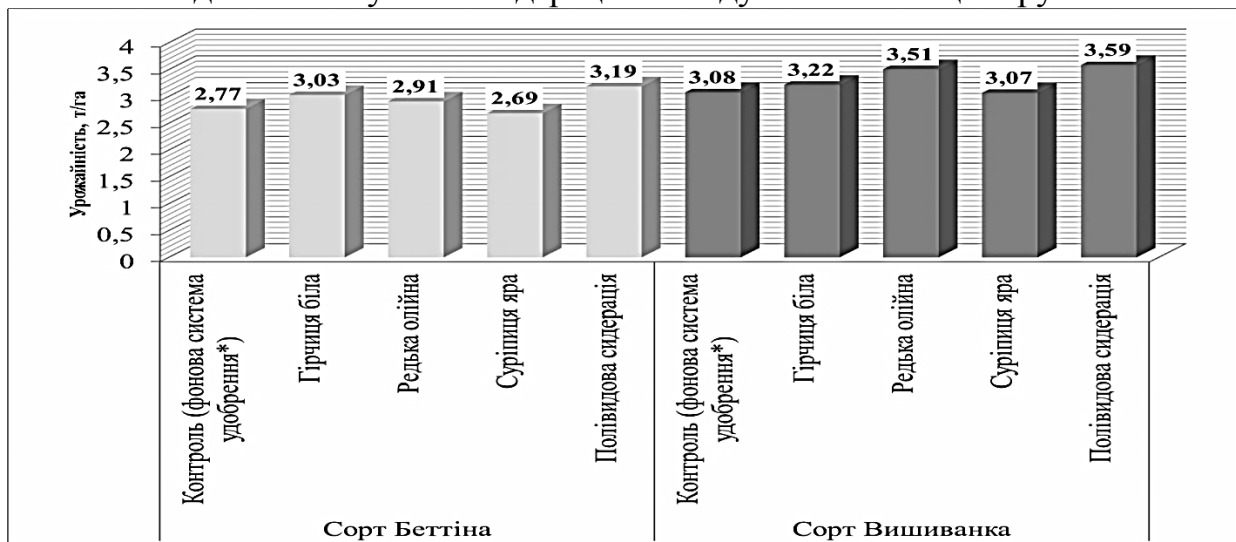


Рис. 2. Рівні врожайності сортів сої залежно від варіантів сидерації (середнє за 2022–2024 рр.), т/га

(*НІР₀₅*, т/га для сорту Беттіна – 0,09, для сорту Вишиванка – 0,12). * на фоні системи удобрення сої у господарстві, яка передбачала застосування: інокулянту HighCot Super, протруювача насіння Максим XL та системи позакоренових підживлень хелатними добривами з макро- і мікроелементів Wonder Mikro, Wonder Yellow і Wonder Bor на фоні внесення мінерального добрива нормою N₂₀P₂₀S₉.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

живлення у варіанті додаткового компоненту джерела мікроелементів та забезпечення ефективної дії на мікробіологічний комплекс та оздоровлення ґрунту через дію глюкозинолатів при забезпеченні біофумігаційного ефекту хрестоцвітих видів рослин-сидератів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, тривалими дослідженнями варіантів сидерації на чорноземах опідзолених із середнім потенціалом ґрунтової родючості в умовах нестійкого зволоження доведена ефективність та виробнича доцільність застосування полівидової сидерації за вирощування сої. Проведена оцінка ефективності сидерації з огляду на рівень урожайності сортів сої при застосуванні кількох видів рослин сидератів та їх полівидового варіанту у співставленні до запропонованої схеми оптимізації живлення сої як самостійного компоненту удобрення в єдиному варіанті з інокуляцією насіння та застосуванням системи позакоренових підживлень з величиною приросту середньої по вивчаємих сортах урожайності сої на рівні 15,87% до контролю без сидерації у варіантах застосування полівидової сидерації.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні впливу застосованих варіантів сидерації на формування якості зерна сої та його амінокислотного складу, що є важливим з позиції забезпечення технологічності сформованого врожаю сої при застосуванні альтернативних (біоорганічних) систем удобрення.

Список використаної літератури

1. Sajjad M.R., Rafique R., Bibi R., Umair A., Afzal A., Ali A., Rafique T. Performance of green manuring for soil health and crop yield improvement. *Pure and Applied Biology*. 2019. Vol. 8. Issue 2. P. 1543–1553. 3. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80095>.
2. Tribouillois H., Cohan J.-P., Justes E. Cover crop mixtures including legume produce ecosystem services of nitrate capture and green manuring: assessment combining experimentation and modelling. *Plant and Soil*. 2016. Vol. 401. P. 347–364.
3. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
4. Chapagain T., Lee E.A., Raizada M.N. The Potential of Multi-Species Mixtures to Diversify Cover Crop Benefits. *Sustainability*. 2020. Vol. 12 (5). 2058. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12052058>.
5. Duff J., van Sprang C., O'Halloran J., Hall Z. Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068 Optimising cover cropping for the Australian vegetable industry. State of Queensland. Department of Agriculture and Fisheries. 2020. 40 p.
6. Гораш О.С., Сендецький В.М. Вплив сумісного застосування соломи, сидератів та органічних добрив на ріст і розвиток рослин сої в умовах західного Лісостепу. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*.

2018. Вип. 100. Том 1. С. 35–45.

7. Сендецький В.М., Центило Л.В., Мельничук Т.В. Ефективність застосування елементів органічного удобрення на формування продуктивності агроценозу сої. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 5 Вип. 99. URL: [https://scireports.com.ua/web/uploads/pdf/SR_6_18\(5\)_Sendetsky.pdf](https://scireports.com.ua/web/uploads/pdf/SR_6_18(5)_Sendetsky.pdf) (дата звернення 27.08.2025). DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovid2022.05.006>.

8. Mazur O.V., Zayka K.R., Yakovets V.I., Dovgopolyi V.S. Length of growing season and height of soybean plants depending on pre-sowing treatment of seeds and fertilizer. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 4 (35). Р. 38–48. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-4.

9. Сайко В.Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. К.: «Інститут землеробства НААН», 2011. 76 с.

10. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Під ред. В.В. Волкодава. К., 2000. 100 с.

11. Лавринюк О.О., Бурлака В.А. Зоохімічний аналіз кормів. Хімічний та атомно-адсорбційний аналіз кормів: Навчальний практикум. за ред. В.А. Бурлаки. Житомир, 2016 110 с.

12. AOAC. Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC, 2012. P. 101–130.

13. Snecdecor G.W., Cochran W.G. Statistical Methods, 8th Edition. Wiley-Blackwell, 1991. 524 p.

14. Іванишин В.В., Шувар І.А., Бахмат М.І., Сендецький В.М. Солома, післяжнивні рештки і сидерати – агротехнологічні елементи біологізації сучасного землеробства: монографія; за заг. ред. І.А. Шувара, В.М. Сендецького. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2020. 292 с.

15. Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Овчарук В.В., Овчарук І.І. Вплив сидератів на родючість ґрунту. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 144–152. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253101.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Sajjad M.R., Rafique R., Bibi R., Umair A., Afzal A., Ali A., Rafique T. (2019). Performance of green manuring for soil health and crop yield improvement. *Pure and Applied Biology*. Vol. 8. Issue 2. P. 1543–1553. DOI: <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80095>. [in English].

2. Tribouillois H., Cohan J.-P., Justes E. (2016). Cover crop mixtures including legume produce ecosystem services of nitrate capture and green manuring: assessment combining experimentation and modelling. *Plant and Soil*. Vol. 401. P. 347–364. [in English].

3. Tsytsiura Ya.H., Neilyk M.M., Didur I.M., Polishchuk M.I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsii suchasnykh system zemlerobstva [Green manure as a basic component of biologization of modern farming systems]. Monohrafiia. Vinnytsia: Vydavets TOV «Druk», [in Ukrainian].

4. Chapagain T., Lee E.A., Raizada M.N. (2020). The Potential of Multi-Species Mixtures to Diversify Cover Crop Benefits. *Sustainability*. Vol. 12. 2058.

DOI: <https://doi.org/10.3390/su12052058>. [in English].

5. Duff J., van Sprang C., O'Halloran J., Hall Z. (2020). Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068 Optimising cover cropping for the Australian vegetable industry. State of Queensland. Department of Agriculture and Fisheries. 40 p. [in English].

6. Horash O.S., Sendetskyi V.M. (2018). Vplyv sumisnoho zastosuvannya solomy, syderativ ta orhanichnykh dobryv na rist i rozvytok roslyn soi v umovakh zakhidnoho Lisostepu [*The effect of combined use of straw, green manure, and organic fertilizers on the growth and development of soybean plants in the western Forest-Steppe zone*]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*. Issue. 100. Vol 1. 35–45. [in Ukrainian].

7. Sendetskyi V. M., Tsentylo L. V., Melnychuk T. V. (2022). Efektyvnist zastosuvannya elementiv orhanichnoho udobrennia na formuvannya produktyvnosti ahrotsenozu soi. [*The effectiveness of organic fertilizer elements on the productivity of soybean agroecosystem*]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. № 5, Issue. 99. URL: [https://scireports.com.ua/web/uploads/pdf/SR_6_18\(5\)_Sendetsky.pdf](https://scireports.com.ua/web/uploads/pdf/SR_6_18(5)_Sendetsky.pdf) (data zvernennia 27.08.2025) DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.05.006>. [in Ukrainian].

8. Mazur O.V., Zayka K.R., Yakovets V.I., Dovgopolyi V.S. (2024). Length of growing season and height of soybean plants depending on pre-sowing treatment of seeds and fertilizer. *Agriculture and forestry*. № 4 (35). 38–48. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-4. [in English].

9. Saiko V.F. (2011). Osoblyvosti provedennia doslidzhen z khrestotsvitymy oliinymy kulturamy. [*Features of research with cruciferous oilseedseeds*]. K.: «Instytut zemlerobstva NAAN». [in Ukrainian].

10. Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur (2000). [*Methodology for state variety testing of agricultural crops*]. Pid red. V.V. Volkodava. K. [in Ukrainian].

11. Lavryniuk O.O., Burlaka V.A. (2016). Zookhimichniy analiz kormiv. Khimichniy ta atomno-adsorbtsiinyi analiz kormiv: Navchalnyi praktykum [*Zoochemical analysis of feeds. Chemical and atomic absorption analysis of feed: A training workshop*]. za red. V.A. Burlaky. Zhytomyr, 110 s. [in Ukrainian].

12. AOAC. (2012). Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC, 2012. P. 101–130. [in English].

13. Snecdecor G.W., Cochran W.G. (1991). Statistical Methods, 8th Edition. Wiley-Blackwell, 524 p. [in English].

14. Ivanyshyn V.V., Shuvar I.A., Bakhmat M.I., Sendetskyi V.M. (2020). Soloma, pisliashnyvni reshtky i syderaty – ahrotekhnolohichni elementy biolohizatsii suchasnoho zemlerobstva: monohrafiia [*Straw, post-harvest residues, and green manure – agrotechnological elements of modern agriculture biologization*].

monograph]; za zah. red. I.A. Shuvara, V.M. Sendetskoho. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte. [in Ukrainian].

15. Razanov S.F., Tkachuk O.P., Ovcharuk V.V., Ovcharuk I.I. (2021). Vplyv syderativ na rodiuchist gruntu [The impact of green manure on soil fertility]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced use of natural resources. № 4. 144–152. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253101. [in Ukrainian].

ANNOTATION

AGROTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF MULTI-SPECIES CROSS- FLOWERED GREEN MANURE AND ITS IMPLEMENTATION IN SOYBEAN CULTIVATION

Over a three-year research cycle, the effectiveness of using single-component and multi-component green manure was assessed using cruciferous plant species in the cultivation of two highly intensive soybean varieties. The green manure potential was determined in the summer intermediate green manure variant on podzolized chernozems under conditions of unstable moisture for such species as white mustard, oil radish, and spring turnip rape, both in the single-species application variant and in the multi-species technology variant with a selected ratio of components. A comprehensive assessment of the impact of green manure crops was carried out from the point of view of their agrochemical potential as a source of essential macronutrients and a component of active influence on the soil profile due to the biofumigation effect characteristic of cruciferous plant species. The average annual potential of green manure biomass of the applied plant species was formed as an alternative option for bioorganic fertilization for their use in fertilization systems for agricultural crops and soybeans in particular.

The levels of interannual variability of the main parameters of the green manure potential of different types of green manure and their sensitivity in terms of the hydrothermal conditions of the territory have been determined, which made it possible to assess the potential for their use in bioorganic fertilization options.

The influence of the studied variants of green manure on the level of weed infestation of soybean agrocenoses in terms of different biological groups of weeds, and comprehensive conclusions were made regarding the effective possibility of using green manure to reduce soil degradation and the associated reduction in herbicide load on soils and increase the potential for obtaining products of higher organic status, which is important for soybeans given the versatility of its grain, including as a food ingredient.

The effectiveness of multi-species green manure options was assessed in terms of maximizing the yield of the soybean varieties studied, with an increase of 15.87% over the background control in the mineral nutrition option used at the enterprise.

The feasibility of green manure for soybean cultivation was determined and justified, and prospects for further research on green manure technologies for soybean cultivation in conditions of unstable soil moisture were formulated.

Keywords: oil radish, white mustard, spring turnip rape, intermediate crop, bioorganic fertilizer, plant biomass, yield.

Tab. 4. Fig. 2. Lit. 15.

Інформація про автора

Цицюра Ярослав Григорович, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ. Адреса: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 5/42, e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net).

Tsytsiura Yaroslav Grigoryevich, Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Soilseed Management, Soilseed Science and Agrochemistry, Vinnytsia National Agrarian University. Address: 21008, Vinnytsia town, Solnechnaya st., build 5/42, e-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net).