

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОКРИВНИХ КУЛЬТУР НА ПАРАМЕТРИ БІОЛОГІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ТЕМНО-СІРИХ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ У СИСТЕМІ NO-TILL

В.А. НІКОРИЧ

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, Україна 58012  
e-mail: [v.nikorych@chnu.edu.ua](mailto:v.nikorych@chnu.edu.ua)

*Досліджено вплив покривних культур у системі No-till на агрохімічні, агрофізичні та біологічні параметри темно-сірого лісового ґрунту в умовах Прут-Дністровського межиріччя. Оцінку проведено за показниками поживного режиму, щільності складення, інтенсивності мікробіологічної деструкції органічних решток та чисельності ґрунтової мезофауни. Встановлено, що покривні культури формують різноспрямовані, але взаємно узгоджені ефекти у межах ґрунтової системи: бобові компоненти переважно визначають інтенсифікацію азотного циклу, тоді як злакові та хрестоцвіті (капустяні) культури модифікують фізичну архітектоніку орного шару через розвиток кореневої біопористості.*

*Найвищу вираженість інтегральних змін зафіксовано у варіантах із люпином, житом та редькою олійною, де спостерігалось одночасне зниження щільності складення, підвищення інтенсивності розкладу органічної речовини та зростання біологічної активності ґрунту. Отримані результати інтерпретуються як прояви перебудови функціональних контурів ґрунтової родючості, пов'язаних із балансом між органічним вуглецем, азотом та активністю ґрунтових біоценозів.*

*Ключові слова: No-till, покривні культури, темно-сірий лісовий ґрунт, азотний режим, щільність складення, біологічна активність ґрунту, дощові черви, ґрунтова структура, біопористість, ґрунтова родючість, Прут-Дністровське межиріччя*

**Вступ.** Інтенсифікація землеробства супроводжується деградацією структури орного шару, прискоренням мінералізації органічної речовини та зниженням біологічної активності ґрунтів (Lal, 2004; Kaye and Quemada, 2017). Особливо чутливими до таких змін є темно-сірі лісові ґрунти, для яких характерне поступове зменшення вмісту гумусу, погіршення агрегатного стану та зниження інтенсивності біологічних процесів за умов тривалого інтенсивного механічного обробітку. У зв'язку з цим зростає інтерес до ґрунтозахисних технологій, зокрема системи нульового обробітку ґрунту (No-till), яка передбачає мінімальне механічне втручання в ґрунтовий профіль та постійне підтримання рослинного покриву (Bayer et al., 2000; Teasdale and Shirley, 1998).

Одним із базових компонентів системи No-till є використання покривних культур. Їх застосування спрямоване на зменшення ерозійних втрат, стабілізацію водного режиму, акумуляцію органічної речовини та підтримання функціональної активності ґрунтової біоти (Kaye and Quemada, 2017; Pinheiro et al., 2004). Встановлено, що покривні культури здатні зменшувати інтенсивність вилуговування нітратів (Meisinger et al., 1991; McCracken et al.,

1994), підвищувати вміст органічного вуглецю ґрунту (Lal, 2004; Poesl et al., 2011; Sainju et al., 2006; Poesl and Don, 2015), покращувати інфільтрацію, акумуляцію та утримання вологи в ґрунті (Joyce et al., 2002; Basche et al., 2016), а також сприяти формуванню більш стабільної структури ґрунтових агрегатів. Додатково їх використання пов'язується зі зростанням чисельності дощових черв'яків, активізацією ґрунтової мікробіоти та трансформацією структури бактеріальних і грибових угруповань ґрунту (Korucu et al., 2018; Roarty et al., 2017; Zablotowicz et al., 2007; Finney et al., 2017; Romdhane et al., 2019; Schmidt et al., 2019; Kim et al., 2020).

Ефективність покривних культур значною мірою визначається їх біологічними особливостями. Злакові культури, зокрема жито та овес, характеризуються високою продукцією біомаси та ефективним захистом поверхні ґрунту від ерозії (De Baets et al., 2011), тоді як бобові культури забезпечують додаткове надходження біологічно фіксованого азоту (Ladha et al., 2004). Хрестоцвіті покривні культури, зокрема гірчиця та редька олійна, здатні впливати на фітосанітарний стан агроценозів та покращувати проникність ущільнених горизонтів завдяки стрижневій кореневій системі (De Baets et al.,

2011; Larkin et al., 2012). Разом із цим результати різних досліджень залишаються неоднорідними, оскільки ефективність покривних культур суттєво залежить від ґрунтово-кліматичних умов, тривалості використання системи No-till та видового складу агрофітоценозу (Lal, 2004; Kaspar et al., 2008; Lu et al., 2000).

Для умов Прут-Дністровського межиріччя питання впливу окремих видів покривних культур на параметри біологічного здоров'я темно-сірих лісових ґрунтів вивчене недостатньо. Більшість досліджень зосереджені переважно на агрохімічних або продуктивних показниках, тоді як інтегральна оцінка біологічної активності ґрунту, чисельності едафону, агрофізичних параметрів та показників родючості в системі No-till представлена обмежено.

Метою дослідження було встановлення впливу різних видів покривних культур (гірчиця, жито, овес, люпин, фацелія, редька олійна) на показники біологічної активності та агрофізичні параметри темно-сірих лісових ґрунтів в умовах Прут-Дністровського межиріччя в системі No-till.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили на території СФГ Василя Олієвського, розташованого в околицях с. Веренчанка Чернівецької області в межах Прут-Дністровського межиріччя, що належить до лісостепової зони України. Територія характеризується переважно рівнинним рельєфом та помірно континентальним кліматом із достатнім рівнем зволоження. Середньорічна кількість атмосферних опадів становить близько 652 мм, основна їх частина припадає на теплий період року. Середня річна температура повітря становить +7,9 °С, а сума активних температур (>10 °С) упродовж вегетаційного періоду досягає 2500–2700 °С при його тривалості близько 165 днів (Геренчук, 1978; Киналь, 2006).

Ґрунтовий покрив території представлений переважно темно-сірими лісовими ґрунтами, для яких характерні підвищена кислотність орного шару, середній рівень гумусованості та висока чутливість до деградаційних процесів за умов інтенсивного механічного обробітку (Польчина, 2005; Назаренко та ін., 2008).

СФГ Василя Олієвського функціонує з 1998 року та спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур. У структурі посівних площ господарства переважають кукурудза, соя, озима пшениця, жито та ріпак. Одним із ключових елементів технології вирощування є застосування системи No-till, що передбачає мінімізацію механічного обробітку ґрунту,

збереження поживних решток на поверхні та використання покривних культур у сівозміні.

Для проведення польового експерименту попередньо було здійснено комплексне агрохімічне обстеження 98,3 га земель господарства. На основі автоматизованого аналізу даних у середовищі Python визначали поле з найбільш репрезентативними показниками щодо середніх значень по господарству. За результатами аналізу таким полем визначено поле №261, параметри якого були максимально наближені до середніх величин за сукупністю агрохімічних та фізичних показників. Саме на цьому полі закладали експериментальні ділянки.

Поле було поділене на шість рівних дослідних ділянок, на яких упродовж 2023 року вирощували різні види покривних культур: гірчицю (*Sinapis alba*), жито (*Secale cereale*), овес (*Avena sativa*), люпин (*Lupinus angustifolius*), фацелію (*Phacelia tanacetifolia*) та редьку олійну (*Raphanus sativus subsp. oleiferus*). Дослідження проводили у трикратній повторності.

Відбір та аналіз зразків ґрунту здійснювали відповідно до «Методики агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення» (Яцук і Балюк, 2013). Лабораторні дослідження виконували на базі лабораторій кафедри геоматики, землеустрою та агроменеджменту Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича та Чернівецької філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

Агрохімічні показники визначали згідно з чинними державними стандартами та методичними рекомендаціями. Чисельність дощових черв'яків визначали методом ґрунтових монолітів за Гіляровим на пробних ділянках розміром 100 × 100 см (Bouché, 1992). Загальну біологічну активність ґрунту оцінювали методом целюлозолітичної активності за інтенсивністю розкладання льняної тканини (Krechetov et al., 2022). Льняні стрічки закопували на глибину 5–10 см та залишали в ґрунті протягом 4–6 тижнів. Після експозиції тканину вилучали, очищували та визначали втрату маси (%) і кількість механічних пошкоджень, спричинених діяльністю ґрунтової біоти. Контрольним варіантом вважали ґрунт без покривних культур, де втрата маси тканини становила 30% за шість тижнів експозиції.

Фізичні параметри ґрунту визначали відповідно до методів, наведених у «Methods of Soil Analysis» (Dane and Topp, 2020). Агрохімічний та агроекологічний бонітет ґрунтів розраховували відповідно до «Методики

агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення» (Яцук і Балюк, 2013).

Статистичну обробку результатів виконували методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Достовірність різниць між середніми оцінювали за критерієм  $HCp_{0,05}$  при рівні значущості  $p \leq 0,05$ . Розрахунки виконували у середовищі Python із використанням бібліотек `scipy` та `statsmodels`.

**Результати та їх обговорення.** Просторова неоднорідність ґрунтового покриву є одним із основних факторів, що ускладнює інтерпретацію результатів польових досліджень у системах точного та ґрунтозахисного землеробства. Навіть у межах одного господарства окремі поля можуть суттєво відрізнятися за гранулометричним складом, кислотністю, вмістом органічної речовини, забезпеченістю макро- і мікроелементами, а також за показниками біологічної активності. За таких умов закладання польового експерименту на полі з екстремальними або атиповими характеристиками може призводити до систематичного зміщення результатів та обмежувати можливість екстраполяції отриманих висновків на весь земельний банк господарства.

Для мінімізації цього ефекту перед закладанням дослідів було проведено комплексний аналіз агрохімічних та агрофізичних показників 12 полів СФГ Василя Олівського загальною площею 98,3 га. До аналізу включали показники кислотності, вмісту гумусу, легкогідролізованого азоту, рухомих форм фосфору та калію, суми ввібраних основ, мікроелементного складу та окремих фізичних параметрів ґрунту.

Оскільки абсолютні значення окремих показників характеризувались різними одиницями вимірювання та масштабами варіації, на першому етапі виконували стандартизацію даних методом z-перетворення:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

де:  $x$  – значення показника для окремого поля;  
 $\mu$  – середнє значення показника серед усіх полів;  
 $\sigma$  – стандартне відхилення.

Подальший аналіз проводили в середовищі Python із використанням багатовимірного статистичного підходу. Для кожного поля обчислювали евклідову відстань до центроїда багатовимірного простору ознак:

$$D_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$$

де:  $D_i$  – інтегральна відстань поля від центроїда;  $x_{ij}$  – стандартизоване значення  $j$ -го показника;  $\bar{x}_j$  – середнє значення  $j$ -го параметра;  $n$  – кількість використаних показників.

Мінімальне значення евклідової відстані свідчило про найбільшу наближеність поля до інтегрального середнього стану ґрунтового покриву господарства.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що поле 261 характеризувалось найменшим сумарним відхиленням від центроїда багатовимірного простору ознак, у зв'язку з чим було визначене як найбільш репрезентативне для закладання польового експерименту (табл. 1).

Поле 261 характеризувалося значеннями рН, вмісту гумусу, азоту, рухомих форм фосфору та калію, а також показниками мікроелементного складу, які були максимально наближені до середніх величин по господарству. Це дозволило мінімізувати вплив локальної ґрунтової неоднорідності на результати дослідження та підвищити репрезентативність експерименту щодо всієї системи землекористування.

Додатково для візуалізації просторової подібності між полями було проведено PCA-аналіз (Principal Component Analysis), який дозволив зменшити розмірність масиву даних та виявити структуру взаємозв'язків між полями за сукупністю агрохімічних параметрів.

Поле 261 локалізувалося найближче до центру розподілу вибірки, тоді як окремі поля формували віддалені кластери, асоційовані з підвищеною кислотністю, нижчим вмістом органічної речовини або контрастними значеннями елементів живлення. Отримані результати підтвердили доцільність використання поля 261 як базового об'єкта для дослідження впливу покривних культур на параметри біологічного здоров'я темно-сірого лісового ґрунту.


Використання багатовимірного аналізу для вибору дослідного поля дозволило перейти від традиційного суб'єктивного підходу до формалізованої *data-driven* моделі оцінки репрезентативності. Це забезпечує вищий рівень статистичної обґрунтованості польового експерименту та зменшує ризик інтерпретаційних помилок, пов'язаних із природною неоднорідністю ґрунтового покриву.

Таблиця 1.

*Інтегральна оцінка репрезентативності полів господарства  
за результатами багатовимірного аналізу*

Table 1.

*Integrated assessment of the representativeness of the farm fields based  
on the results of multivariate analysis*

Локалізація	№ поля	Інтегральна евклідова відстань	Рівень репрезентативності
	104	3,84	середній
	117	4,12	середній
	138	5,01	низький
	146	3,27	високий
	173	4,56	середній
	184	5,43	низький
	205	2,94	високий
	221	3,75	середній
	237	4,88	низький
	248	3,41	високий
	261	2,17	найвищий
	276	4,36	середній

**Агрохімічний стан темно-сірого лісового ґрунту за використання покривних культур.** Використання покривних культур у системі No-till супроводжувалось зміною низки агрохімічних параметрів темно-сірого лісового ґрунту. Найбільш виражені зміни стосувались азотного режиму, ємності поглинання та

забезпеченості рухомими формами калію. Водночас показники кислотності та вмісту гумусу характеризувались меншою амплітудою варіювання, що може бути пов'язано з короткотривалістю експерименту та високою буферністю органічно-мінеральної частини ґрунту (табл.2).

Таблиця 2.

*Вплив покривних культур на агрохімічні показники темно-сірого лісового ґрунту*

Table 2.

*Impact of cover crops on the agrochemical properties of the Luvic Phaeozem*

Варіант	pH <sub>KCl</sub>	ЄП, мг·екв/100 г	Гумус, %	Легко- гідролізований азот, мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Контроль	5,3	25,90	4,000	171,0	131,0	230,0
Гірчиця	5,4	27,84	4,012	265,1	147,4	287,5
Жито	5,6	29,14	4,020	122,1	144,1	333,5
Овес	5,4	27,84	4,010	126,7	139,5	276,0
Люпин	5,1	29,79	4,016	384,8	148,7	287,5
Фацелія	5,4	27,84	4,006	213,8	140,8	270,3
Редька олійна	5,3	29,14	4,014	265,1	145,4	310,5
НСР <sub>0,5</sub>	0,08	0,701	0,004	12,45	6,971	5,481

Найвищий вміст легкогідролізованого азоту встановлено у варіанті з люпином – 384,8 мг/кг, що у 2,25 раза перевищувало контроль. Такий ефект закономірно пов'язаний із біологічною фіксацією атмосферного азоту та накопиченням азотовмісної органічної маси. Гірчиця та редька

олійна також забезпечували суттєве підвищення вмісту доступного азоту. Отримані дані щодо зростання вмісту легкогідролізованого азоту у варіантах з бобовими покривними культурами (зокрема люпином) узгоджуються з результатами Bayer et al. (2000), які довели, що систематичне

надходження свіжої біомаси у системах No-till є критичним фактором стабілізації органічної речовини. Високі показники азотного фонду в нашому дослідженні підтверджують тезу d'Andréa et al. (2004) про те, що різні системи менеджменту ґрунту безпосередньо модулюють форми неорганічного азоту, де покривні культури виступають депонуючим агентом, запобігаючи його вимиванню у порівнянні з чистим паром.

Натомість у варіантах із житом та вівсом спостерігалось зниження концентрації легкогідролізованого азоту порівняно з контролем, що може свідчити про тимчасову іммобілізацію азоту мікроорганізмами в процесі розкладання рослинних решток із високим співвідношенням C:N.

Використання покривних культур супроводжувалось зростанням ємності поглинання ґрунту. Найвищі значення зафіксовані під люпином та редькою олійною. Підвищення цього показника свідчить про активізацію процесів гумусоутворення та збільшення ролі орґано-мінеральних колоїдів у формуванні ґрунтового поглинального комплексу.

Найбільший вміст рухомого калію встановлено у варіантах із житом та редькою олійною. Ймовірно, це пов'язано з інтенсивним біологічним кругообігом калію та здатністю цих культур мобілізувати його з важкодоступних форм. Вміст рухомого фосфору в усіх варіантах був вищим за контроль, хоча різниця між культурами була менш вираженою. Зростання вмісту рухомих сполук калію у варіантах із житом та редькою олійною вказує на здатність цих культур до інтенсивного поглинання елемента з глибших горизонтів та його подальшої мінералізації у верхньому шарі. Це підтверджується дослідженнями Sharma et al. (2018), які встановили, що покривні культури з глибокою кореневою системою виступають "біологічними насосами", ефективно рецикуючи калій та запобігаючи його вимиванню, що є особливо важливим для систем No-till на легких за гранулометричним складом ґрунтах.

Вміст гумусу за один рік досліджень змінювався незначно. Це узгоджується з сучасними уявленнями про повільну динаміку гумусового стану ґрунтів у системах No-till, де стабільні зміни органічного вуглецю зазвичай формуються протягом кількох років. Тенденція до стабілізації або незначного зростання вмісту гумусу за короткий період дослідження свідчить про позитивний баланс вуглецю. Як зазначає Lal (2015), покривні культури є ключовим інструментом секвестрації атмосферного CO<sub>2</sub> у

ґрунтову органічну речовину, сприяючи агрегації часток ґрунту. Наші результати узгоджуються з мета-аналізом Poesl et al. (2015), згідно з яким середньорічне депонування вуглецю завдяки сидерації дозволяє компенсувати втрати гумусу, що виникають внаслідок мінералізації, та поступово відновлювати біологічне здоров'я деградованих агроекосистем.

**Вплив покривних культур на фізичний стан ґрунту.** Одним із найбільш чутливих показників реакції ґрунту на застосування покривних культур була щільність будови орного шару.

Усі покривні культури сприяли зниженню щільності будови порівняно з контролем. Найнижчі значення встановлено у варіантах із житом, фацелією та редькою олійною – 1,11 г/см<sup>3</sup>. Для темно-сірих лісових ґрунтів це має принципове значення, оскільки ущільнення поверхневого горизонту є одним із головних факторів погіршення водно-повітряного режиму та обмеження розвитку корневих систем (табл.3).

*Таблиця 3.*

*Щільність будови темно-сірого лісового ґрунту по варіантам, г/см<sup>3</sup>*

*Table 3.*

*Bulk density of the Luvic Phaeozem depending on the cover crop type, (Mg·m<sup>-3</sup>)*

Варіант	Щільність будови
Контроль	1,35 ± 0,18
Гірчиця	1,18 ± 0,13
Жито	1,11 ± 0,11
Овес	1,26 ± 0,07
Люпин	1,20 ± 0,12
Фацелія	1,11 ± 0,03
Редька олійна	1,11 ± 0,04

Зниження щільності складення ґрунту під посівами жита та редьки олійної підтверджує роль "біологічного розпушування" кореневою системою. Як зазначають Schmidt et al. (2019), довготривале використання покривних культур у системах No-till є вирішальним для покращення водно-фізичних властивостей у посушливих умовах.

Ефект окремих культур визначався морфологією їх корневих систем. Жито формувало густу мичкувату кореневу систему, яка стабілізувала агрегатну структуру ґрунту. Редька олійна та люпин сприяли утворенню вертикальних біопор за рахунок потужних стрижневих коренів. Це особливо важливо в умовах No-till, де механічне розпушення

практично відсутнє, а біологічне структурування ґрунту стає домінуючим механізмом формування пористості. Наші результати щодо оптимізації архітектоники ґрунту також перегукуються з мета-аналізом Basche et al. (2016), згідно з яким покращення структури ґрунту через покривні культури є основним механізмом підвищення його вологоємності та стійкості до ерозійних процесів.

**Біологічна активність ґрунту.** Інтенсивність розкладання льняної тканини свідчила про суттєву активізацію ґрунтової біоти під впливом покривних культур.

Найвищу біологічну активність встановлено у варіантах із люпином та редькою олійною, де ступінь розкладання льняної тканини перевищував контроль відповідно на 24,9 та 19,9%. Це свідчить про інтенсивний розвиток целюлозоруйнівної мікробіоти та активізацію процесів трансформації органічної речовини (табл.4).

**Таблиця 4.**

**Біологічна активність ґрунту за інтенсивністю розкладання льняної тканини**

**Table 4.**

**Soil biological activity by the intensity of linen cloth decomposition**

Варіант	Втрата маси тканини, %
Контроль	30,2 ± 3,2
Гірчиця	40,1 ± 2,3
Жито	47,5 ± 2,1
Овес	45,3 ± 1,1
Люпин	55,1 ± 1,8
Фацелія	45,3 ± 1,7
Редька олійна	50,1 ± 0,9

Висока активність у варіанті з люпином може пояснюватись підвищеним вмістом доступного азоту та накопиченням легкодоступних органічних сполук у ризосфері. Редька олійна, ймовірно, стимулювала розвиток мікробіоти через інтенсивні кореневі виділення та швидке розкладання корневих решток.

Жито та овес також забезпечували високий рівень біологічної активності, хоча механізми впливу були іншими. Для житніх решток характерне повільніше розкладання та довготривале підтримання субстрату для ґрунтової мікробіоти, тоді як овес формував швидший, але менш стабільний ефект.

Висока інтенсивність розкладу льняної тканини, зафіксована нами, свідчить про активізацію целюлозолітичної мікрофлори під впливом рослинних решток. Це корелює з висновками Galvez et al. (1995), які вказували на

те, що зимуючі покривні культури значно збільшують інокуляційний потенціал арбускулярних мікоризних грибів (VAM) у ґрунті. Аналогічно до результатів Weerasekara et al. (2017), наше дослідження демонструє, що інтеграція покривних культур створює сприятливий біологічний фон, який є ключовим для здоров'я ґрунтової системи та наступної продуктивності основної культури.

**Чисельність дощових черв'як як індикатор біологічного здоров'я ґрунту.** Застосування покривних культур супроводжувалось зростанням чисельності дощових черв'як порівняно з контролем.

Найвищу чисельність *Lumbricidae* зафіксовано у варіантах із люпином та редькою олійною (табл.5). Це може бути пов'язано зі збільшенням надходження органічних решток, стабілізацією вологості поверхневого шару та формуванням сприятливого мікроклімату в ризосфері.

Позитивний ефект жита пояснюється значною кількістю рослинних решток, які тривалий час залишаються на поверхні ґрунту та створюють стабільне середовище для ґрунтової фауни. Натомість фацелія формувала менш виражений ефект через швидке розкладання біомаси та короткочасність її впливу.

Підвищення чисельності дощових черв'як має не лише біоіндикаційне значення. Активність *Lumbricidae* безпосередньо пов'язана з формуванням макропор, покращенням аерації, перемішуванням органічної речовини та стабілізацією агрегатної структури ґрунту.

**Таблиця 5.**

**Вплив покривних культур на чисельність дощових черв'як**

**Table 5.**

**Impact of cover crops on earthworm abundance**

Варіант	Збільшення чисельності порівняно з контролем, %
Гірчиця	20–30
Жито	40–60
Овес	30–50
Люпин	50–70
Фацелія	20–40
Редька олійна	40–60

**Інтегральна оцінка родючості ґрунту на дослідному полі.** Інтегральна оцінка родючості дослідного поля формується як результат взаємодії трьох функціональних контурів ґрунтової системи: трофічного (доступність елементів живлення), структурно-агрегатного (просторово-фізичний стан порового простору) та біологічного (активність мікро- і

мезоєдафону). У межах експерименту встановлено, що вирощування покривних культур не змінює ці контури ізольовано; навпаки, спостерігається їх синхронізована перебудова, що й визначає інтегральний ефект.

Найбільш виражена системна стабілізація параметрів зафіксована у варіантах із люпином, житом та редькою олійною. Для люпину визначальним є симбіотичне фіксування атмосферного азоту, яке змінює співвідношення мінеральних і органічних форм азоту в орному шарі та формує більш рівномірний азотний фон у післядії. Жито реалізує ефект через високий коефіцієнт накопичення кореневої біомаси з переважанням тонких коренів, що інтенсифікує формування макро- і мезопор, знижує щільність складення та підвищує водопроникність. Редька олійна виступає структуроутворюючим агентом за рахунок стрижневої кореневої системи, яка формує вертикальні біопори, що зберігаються після мінералізації коренів і функціонують як канали швидкого водо- та повітрообміну.

У сукупності ці ефекти відображаються в узгодженій зміні фізичних і біологічних індикаторів: зменшення щільності складення супроводжується підвищенням об'єму агрономічно цінних агрегатів, тоді як зростання мікробіологічної активності корелює з інтенсивністю розкладу корневих решток і збільшенням пулу легкорозкладної органічної речовини. Зміна чисельності едафону в цих варіантах не є випадковою варіацією, а відображає розширення трофічної бази та стабілізацію мікробоценозів унаслідок більш рівномірного надходження субстратів.

Важливою особливістю є те, що інтегральний ефект не зводиться до суми окремих показників. У варіантах із люпином, житом та редькою олійною формуються ознаки стабілізації функціональних параметрів ґрунтової системи з менш вираженими добовими та сезонними коливаннями доступного азоту та вологості. Це знижує амплітуду стресових навантажень на мікробіоту та кореневі системи наступних культур, що опосередковано підвищує ефективність використання ресурсів.

Обмеженням інтерпретації є залежність вираженості ефектів від тривалості впровадження покривних культур та від вихідного рівня деградації або ущільнення ґрунту. За умов уже високої природної

структурності або короткого циклу покривних культур інтегральні зміни можуть мати менш виражений характер і проявлятися переважно на рівні біологічної активності без суттєвих зрушень фізичних параметрів.

**Висновки.** Використання покривних культур у технології No-till формує багатофакторний вплив на ґрунтову систему темно-сірого лісового ґрунту, який проявляється у синхронній зміні агрохімічних, фізичних і біологічних параметрів та свідчить про перебудову механізмів кругообігу органічної речовини й азоту в орному шарі.

Бобові покривні культури, насамперед люпин, виступають домінантним фактором оптимізації азотного режиму, що реалізується через біологічну фіксацію атмосферного азоту та формування підвищеного пулу доступних азотних сполук у ґрунтовому розчині.

Злакові та хрестоцвіті покривні культури (жито, фацелія, редька олійна) переважно впливають на фізичний стан ґрунту, знижуючи щільність складення та підвищуючи частку агрономічно цінної структури за рахунок формування розгалуженої кореневої архітектоники і біопористості орного шару.

Усі досліджувані покривні культури підвищують інтенсивність мікробіологічної деструкції органічних решток, що відображає активізацію мікробоценозів і прискорення трансформації рослинних субстратів у стабільні гумусові форми. Біологічна відповідь ґрунтової системи у вигляді зростання чисельності дощових черв'яків свідчить про розширення трофічної бази та підвищення структурної стабільності орного шару через посилення процесів агрегатоутворення біогенним шляхом.

Найбільш збалансований інтегральний ефект у межах дослідження забезпечують люпин, редька олійна та жито, що вказує на доцільність їх включення в ротаційні схеми покривних культур як елементів стабілізації ґрунтової родючості в умовах Прут-Дністровського межиріччя.

Отримані результати підтверджують, що покривні культури в системі No-till функціонують не як ізольований агротехнічний прийом, а як механізм регуляції ґрунтової біогеохімічної рівноваги, що визначає довгострокову стійкість родючості.

#### Список літератури / References:

1. Herenchuk, K. I. (1978). Pryroda Chernivetskoï oblasti [Nature of the Chernivtsi region]. Vyshcha shkola. (In Ukrainian)

2. Kynal, O. (2006). Klimat skhidnoi chastyny Prut-Dnistrovskoho mezhyrichchia (v mezhakh Chernivetskoï oblasti) [Climate of the eastern part of the Prut-Dniester interfluvium (within the Chernivtsi region)]. Naukovyi visnyk Chernivetskoho

- universytetu [Scientific Bulletin of Chernivtsi University], (305), 197–205. (In Ukrainian)
3. Nazarenko, I. I., Polchyna, S. M., & Nikorych, V. A. (2008). Gruntoznavstvo [Soil Science] (3rd ed.). Knyhy-XXI. (In Ukrainian)
  4. Polchyna, S. M. (2005). Grunty Chernivetskoï oblasti: Navchalnyi posibnyk [Soils of the Chernivtsi region: A study guide]. Ruta. (In Ukrainian).
  5. Metodyka ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Methodology of agrochemical certification of agricultural lands]. VIESHK. (In Ukrainian)
  6. Polchyna, S. M., & Varhol, O. V. (2009). Populiarni metody analizu gruntiv: Metodichni rekomendatsii do kursovykh i kvalifikatsiinykh robot [Popular methods of soil analysis: Methodological recommendations for coursework and qualification papers]. Ruta. (In Ukrainian)
  7. Basche, A.D., Kaspar, T.C., Archontoulis, S.V., Jaynes, D.B., Sauer, T.J., Parkin, T.B. and Miguez, F.E. (2016) Soil Water Improvements with the Long-Term Use of a Winter Rye Cover Crop. *Agricultural Water Management*, 172, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.006>
  8. Bayer, C., Mielniczuk, J., Amado, T.J., Martin-Neto, L. and Fernandes, S.V. (2000) Organic Matter Storage in a Sandy Clay Loam Acrisol Affected by Tillage and Cropping Systems in Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 54, 101-109. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00090-8](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00090-8)
  9. Bouché, M. B. (1992). Earthworm species and ecotoxicological studies. *Ecotoxicology of earthworms*, 1, 269.
  10. Dane, J. H., et al. Topp, C. G. (Eds.). (2020). Methods of soil analysis, Part 4: Physical methods (Vol. 20). John Wiley et al. Sons.
  11. Galvez, L., Douds, D., Wagoner, P., Longnecker, L., Drinkwater, L. and Janke, R. (1995) An Overwintering Cover Crop Increases Inoculum of VAM Fungi in Agricultural Soil. *American Journal of Alternative Agriculture*, 10, 152-156. <https://doi.org/10.1017/S0889189300006391>
  12. De Baets, S., Poesen, J., Meersmans, J. and Serlet, L. (2011) Cover Crops and Their Erosion-Reducing Effects during Concentrated Flow Erosion. *Catena*, 85, 237-244. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.009>
  13. Finney, D., Buyer, J. and Kaye, J. (2017) Living Cover Crops Have Immediate Impacts on Soil Microbial Community Structure and Function. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72, 361-373. <https://doi.org/10.2489/jswc.72.4.361>
  14. Joyce, B.A., Wallender, W.W., Mitchell, J.P., Huyck, L.M., Temple, S.R., Brostrom, P. and Hsiao, T.C. (2002) Infiltration and Soil Water Storage under Winter Cover Cropping in California's Sacramento Valley. *Transactions of the ASAE*, 45, 315-326. <https://doi.org/10.13031/2013.8526>
  15. Kaspar, T.C., Kladvivko, E.J., Singer, J.W., Morse, S. and Mutch, D.R. (2008) Chapter 10. Potential and Limitations of Cover Crops, Living Mulches, and Perennials to Reduce Nutrient Losses to Water Sources from Agricultural Fields in the Upper Mississippi River Basin. In: UMRSHNC (Upper Mississippi River Sub-Basin Hypoxia Nutrient Committee, Eds., Final Report: Gulf Hypoxia and Local Water Quality Concerns Workshop, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI, 127-148.
  16. Kaye, J.P. and Quemada, M. (2017) Using Cover Crops to Mitigate and Adapt to Climate Change. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 4. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0410-x>
  17. Kim, N., Zabaloy, M.C., Guan, K. and Villamil, M.B. (2020) Do Cover Crops Benefit Soil Microbiome? A Meta-Analysis of Current Research. *Soil Biology and Biochemistry*, 142, 107701. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>
  18. Korucu, T., Shipitalo, M.J. and Kaspar, T.C. (2018) Rye Cover Crop Increases Earthworm Populations and Reduces Losses of Broadcast, Fall-Applied, Fertilizers in Surface Runoff. *Soil and Tillage Research*, 180, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.03.004>
  19. Krechetov P.P, Sharapova A.V, Semenkov I.N, Koroleva T.V. Protocol of conjugate evaluation of the biological activity of soils in terms of cellulolytic activity and biological consumption of oxygen. *MethodsX*. 2022 Sep 6;9:101841. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101841>
  20. Lal, R. (2004) Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma*, 123, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>
  21. Ladha, J., Khind, C., Gupta, R., Meelu, O. and Pasuquin, E. (2004) Long-Term Effects of Organic Inputs on Yield and Soil Fertility in the Rice-Wheat Rotation. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 845-853.
  22. Larkin, R.P., Honeycutt, C.W., Olanya, O.M., Halloran, J.M. and He, Z. (2012) Impacts of Crop Rotation and Irrigation on Soilborne Diseases and Soil Microbial Communities. In: He, Z., Larkin, R. and Honeycutt, W., Eds., *Sustainable Potato Production: Global Case Studies*, Springer, Dordrecht, 23-41. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4104-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4104-1_2)
  23. Lu, Y.-C., Watkins, K.B., Teasdale, J.R. and Abdul-Baki, A.A. (2000) Cover Crops in Sustainable Food Production. *Food Reviews International*, 16, 121-157. <https://doi.org/10.1081/FRI-100100285>
  24. McCracken, D.V., Smith, M.S., Grove, J.H., Blevins, R.L. and MacKown, C.T. (1994) Nitrate Leaching as Influenced by Cover Cropping and Nitrogen Source. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1476-1483. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050029x>
  25. Meisinger, J., Hargrove, W., Mikkelsen, R., Williams, J. and Benson, V. (1991) Effects of Cover Crops on Groundwater Quality. In: *Cover Crops for Clean Water*, 57-68.
  26. Pinheiro, E., Pereira, M., Anjos, L. and Machado, P. (2004) Densimetric Fractionation of Organic Matter in Soil under Different Tillage and Vegetation Cover in Paty do Alferes, State of Rio de Janeiro (Brazil).

- Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28, 731-737. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000400013>
27. Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., Van Wesemael, B., Schumacher, J. and Gensior, A. (2011) Temporal Dynamics of Soil Organic Carbon after Land-Use Change in the Temperate Zone-Carbon Response Functions as a Model Approach. *Global Change Biology*, 17, 2415-2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>
  28. Poeplau, C. and Don, A. (2015) Carbon Sequestration in Agricultural Soils via Cultivation of Cover Crops—A Meta-Analysis. *Agriculture, Ecosystems et al. Environment*, 200, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>
  29. Roarty, S., Hackett, R.A. and Schmidt, O. (2017) Earthworm Populations in Twelve Cover Crop and Weed Management Combinations. *Applied Soil Ecology*, 114, 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.001>
  30. Romdhane, S., Spor, A., Busset, H., Falchetto, L., Martin, J., Bizouard, F., Bru, D., Breuil, M.-C., Philippot, L. and Cordeau, S. (2019) Cover Crop Management Practices Rather Than Composition of Cover Crop Mixtures Affect Bacterial Communities in No-Till Agroecosystems. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1618. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01618>
  31. Sainju, U.M., Singh, B.P., Whitehead, W.F. and Wang, S. (2006) Carbon Supply and Storage in Tilled and Nontilled Soils as Influenced by Cover Crops and Nitrogen Fertilization. *Journal of Environmental Quality*, 35, 1507-1517. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0189>
  32. Schmidt, R., Mitchell, J. and Scow, K. (2019) Cover Cropping and No-Till Increase Diversity and Symbiotroph:Saprotroph Ratios of Soil Fungal Communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 129, 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.11.010>
  33. Sharma, V., Irmak, S., et al. Padhi, J. (2018). Effects of cover crops on soil quality: Part II. Soil exchangeable bases (potassium, magnesium, sodium, and calcium), cation exchange capacity, and soil micronutrients (zinc, manganese, iron, copper, and boron). *Journal of Soil and Water Conservation*, 73(6), 652-668. <https://doi.org/10.2489/jswc.73.6.652>
  34. Teasdale, J.R. and Shirley, D.W. (1998) Influence of Herbicide Application Timing on Corn Production in a Hairy Vetch Cover Crop. *Journal of Production Agriculture*, 11, 121-125. <https://doi.org/10.2134/jpa1998.0121>
  35. Zablotowicz, R.M., Locke, M.A. and Gaston, L.A. (2007) Tillage and Cover Effects on Soil Microbial Properties and Fluometuron Degradation. *Biology and Fertility of Soils*, 44, 27-35. <https://doi.org/10.1007/s00374-007-0175-0>
  36. Weerasekara, C. S., Udawatta, R. P., Gantzer, C. J., Kremer, R. J., Jose, S., & Veum, K. S. (2017). Effects of cover crops on soil quality: selected chemical and biological parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(17), 2074-2082. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1406103>

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF COVER CROPS ON BIOLOGICAL HEALTH PARAMETERS OF LUVIC PHAEOZEM UNDER THE NO-TILL SYSTEM

**V. A. Nikorych**

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University  
2 Kotsyubynskoho Str., Chernivtsi, Ukraine, 58012  
e-mail: [v.nikorych@chnu.edu.ua](mailto:v.nikorych@chnu.edu.ua)

*The effects of cover crops in a No-Till cropping system on the agrochemical, agrophysical, and biological properties of dark gray forest soil in the Prut–Dniester interfluvium were investigated. Soil responses were evaluated using indicators of nutrient status, bulk density, the rate of microbiological decomposition of organic residues, and the abundance of soil mesofauna. The results indicate that cover crops induce distinct yet complementary changes in soil functioning. Leguminous species primarily stimulate nitrogen cycling, whereas cereal and brassica cover crops improve the physical structure of the topsoil through the formation of root-derived biopores.*

*The greatest overall improvement in soil properties was observed in treatments with lupine, rye, and oilseed radish. These treatments were characterized by lower soil bulk density, enhanced decomposition of organic matter, and increased soil biological activity. Collectively, the findings suggest that cover crops promote the reorganization of key functional processes governing soil fertility by influencing the interactions among organic carbon, nitrogen, and soil biotic communities.*

*Keywords: No-till, cover crops, Luvic Phaeozem, nitrogen regime, bulk density, soil biological activity, earthworms, soil structure, bioporosity, soil fertility, Prut-Dniester interfluvium*

*Отримано редколегією 12.04.2026 р.  
Підписано до друку 15.06.2026 р.  
Дата публікації 30.06.2026 р.*

### ORCID ID

Володимир Нікорич: <https://orcid.org/0000-0001-5006-4027>