

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ
ТА АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

**ОСОБЛИВОСТІ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ
РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ
ЗА УЧАСТІ *TRICHODERMA HARZIANUM* PD3
ТА *BACILLUS MEGATERIUM* 362**

(науково-методичні рекомендації)

Чернігів
2025

УДК 579:579.64:631.86/87
О-75

Особливості компостування органічної речовини на основі курячого посліду за участі *Trichoderma harzianum* PD3 та *Bacillus megaterium* 362 (науково-методичні рекомендації) / Укладачі: С. Б. Дімова, В. В. Волкогон, Л. А. Шевченко, І. М. Бондар, Ю. М. Халеп. Чернігів : видавець Агеєв В. О., 2025. 23 с.

ISBN 978-617-95517-5-8

*У рекомендаціях обґрунтовано принципи компостування органічної речовини за інтродукції мікроорганізмів відповідно до особливостей суцесійних змін у мікробних угрупованнях компостованих субстратів. Наведено технологічні параметри біокомпостування курячого посліду за інтродукції активних деструкторів органічної речовини *Trichoderma harzianum* PD3 та *Bacillus megaterium* 362. Визначено оптимальні терміни й титри для інтродукції мікроміцета й бактерії, за яких забезпечується активна мінералізація органічного субстрату, що дає змогу скоротити тривалість компостування та отримати ефективне біоорганічне добриво.*

УДК 579:579.64:631.86/87

Рецензенти: кандидат сільськогосподарських наук С. М. Деркач,
кандидат біологічних наук Ю. О. Воробей

Рекомендації розроблено при виконанні науково-дослідної роботи за завданням 08.00.02.05.Ф «Дослідження особливостей взаємодії трофічно взаємозалежних мікроорганізмів за їх інтродукції до компостованого органічного субстрату» у межах ПНД НААН 8 «Сільськогосподарська мікробіологія».

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

© Національна академія аграрних наук України
© Інститут сільськогосподарської мікробіології

ISBN 978-617-95517-5-8 та агропромислового виробництва, 2025

ВСТУП

Компостування пташиного посліду нині розглядається як один із провідних напрямів сталого агровиробництва й екологічно безпечної утилізації відходів. Відходи птахівництва, що можуть забруднювати довкілля, у процесі компостування перетворюються на органічне добриво, яке відповідає концепції економіки замкненого циклу. Поживні речовини, вилучені з ґрунту для кормів, після переробки повертаються у ґрунт, підтримуючи його родючість. Використання компостів зменшує залежність від енергоємних мінеральних добрив і водночас покращує структуру та вологоутримувальну здатність ґрунту [1]. Таким чином, компостування перетворює екологічну проблему на економічно вигідне рішення для аграрного виробництва.

У світовій практиці дослідження компостування зосереджуються на трьох напрямках: технологічному (оптимізація співвідношення вуглецю й азоту, вологості, температури та аерації), екологічному (зменшення викидів парникових газів, втрат азоту й запобігання забрудненню вод) та мікробіологічному, який нині вважається найбільш перспективним. Мікробіологічний напрям охоплює дослідження мікроорганізмів як ключових агентів компостування, їхнього складу, функцій і можливостей для підвищення ефективності процесу отримання біоорганічних компостів.

Способи переробки пташиного посліду шляхом компостування активно вдосконалюються в зарубіжних дослідницьких установах [2–6]. Отримано низку біодобрив, які мають значну комерційну привабливість. В Україні проблеми компостування розв'язують науковці ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського» НААН [7], ННЦ «Інститут землеробства НААН» [8], проте їхні роботи здебільшого зосереджені на агрохімічних і технологічних аспектах, тоді як мікробіологічна складова процесу залишається менш висвітленою.

Між тим, саме мікроорганізми відповідальні за мінералізацію органічної речовини в компостованих субстратах, про що свід-

чать як численні зарубіжні, так і наші попередні дослідження [9–14]. До того ж інтродукція до субстратів селекціонованих целюлолітичних мікроорганізмів сприяє прискоренню термінів компостування, запобігає значним втратам азоту й вуглецю. Отримані при цьому компости характеризуються, крім належних агрохімічних характеристик, високим вмістом інтродукованих мікроорганізмів і фітогормонів [15; 16].

У розроблених нами раніше технологіях біокомпостування органічної речовини застосовано інтродукцію до компостованого субстрату одного виду мікроорганізмів [17; 18]. Проте дослідження показали, що застосування двох трофічно взаємозалежних мікроорганізмів сприяє прискоренню термінів компостування та отриманню якісного біоорганічного добрива. При цьому спостерігається явище метаболічної синергії — взаємного посилення метаболічних процесів між різними мікроорганізмами, коли один вид продукує метаболіти, які активують інший вид. Така синергія забезпечує стабільність й ефективність компостування.

У представлених рекомендаціях обґрунтовано доцільність застосування селекціонованих мікроорганізмів при компостуванні органічної речовини, визначено особливості їхнього розвитку та вплив на формування угруповань мікробіоти, а також представлено технологію керованого компостування субстрату на основі курячого посліду для отримання біоорганічного добрива.

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОКОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ З ПОЕТАПНОЮ ІНТРОДУКЦІЄЮ *TRICHODERMA HARZIANUM* PD3 ТА *BACILLUS MEGATERIUM* 362

1. Селекція штамів-інтродуцентів є ключовим етапом у розробці технології компостування з інтродукцією мікроорганізмів. Кожен штам характеризується специфічними ферментативними властивостями, і саме від правильного добору інтродуцентів залежить швидкість розкладання органічних субстратів та

якість кінцевого компосту. Важливо, щоб інтродуковані мікроорганізми не конкурували між собою, а доповнювали функції один одного. Селекціоновані мікроорганізми-інтродуценти мають характеризуватися здатністю до приживання в субстраті та зберігати активність протягом періоду компостування. Крім того, добір штамів дає змогу усунути патогенні мікроорганізми, що є важливою передумовою санітарної безпеки компосту.

Дослідження органічних субстратів на основі курячого посліду показали, що оптимізація співвідношення вуглецю до азоту до рівня 20:1 шляхом додавання соломи й торфу створює сприятливі умови для розвитку мікробіоти й активізації процесів мінералізації. Такий оптимізований за співвідношенням C : N субстрат містить 65 % курячого посліду, 10 % соломи та 25 % торфу [18]. Висока частка соломи, багатой на целюлозу, в компостованому субстраті вимагає мікробної деструкції. У природній деструкції целюлози істотну роль відіграють мікроскопічні гриби та бактерії, сприяючи таким чином колообігу вуглецю. Вони містять целюлази — ензими класу гідролаз, за участі яких здійснюється перетворення целюлози до глюкози або дисахариду целобіози. Загалом мікроорганізми, в т. ч. мікроміцети та бактерії, синтезують кілька видів целюлолітичних ферментів — окремо або у формі комплексу.

У природних умовах розкладання целюлози є складним біологічним процесом, до якого залучені різні групи мікроорганізмів. Імовірно, він здійснюється мікробними угрупованнями, де основну роль деструкторів (особливо в аеробних умовах) відіграють гриби, тоді як бактерії функціонують як супутні мікроорганізми, що споживають продукти гідролізу.

Серед найбільш активних мікроорганізмів, здатних до інтенсивної мінералізації рослинних решток та інших органічних матеріалів, вирізняються мікроміцети роду *Trichoderma* й бактерії роду *Bacillus*. До того ж окремі представники цих родів виявляють антагоністичну активність щодо фітопатогенів та продукують фітогормони, що сприяє росту й розвитку рослин.

У результаті селекції відібрано два активні целюлозолітичні штами — мікроміцет *Trichoderma harzianum* PD3 та бактерію *Bacillus megaterium* 362, здатні приживатися та розвиватися у компостованому субстраті на основі курячого посліду.

2. Взаємодія селекціонованих штамів. У різних природних середовищах (зокрема у компостованих субстратах) гриби й бактерії існують у складних угрупованнях, що поєднують представників різноманітних груп мікроорганізмів. Взаємодії між мікроміцетами й бактеріями здійснюються з різною інтенсивністю та за допомогою різних механізмів. Вони сприяють утворенню міжвидових асоціацій різного типу — від простих скупчень, які базуються на фізичній адгезії, до біоплівки зі складною просторовою структурою, що лежать в основі формування тісних, а в багатьох випадках — обов'язкових симбіотичних зв'язків [19].

Мікробна взаємодія в природному середовищі та в змішаних культурах може бути прямою (наприклад, через фізичний контакт, коли бактерії розвиваються на грибних гіфах) або опосередкованою (через сигнальні молекули). Крім того, непряма взаємодія може відбуватися в разі зміни фізико-хімічних властивостей навколишнього середовища, коли зміни, індуковані одним штамом, викликають відповідь з боку іншого [20; 21].

У взаємодії між мікроорганізмами часто спостерігається явище метабіозу — така форма взаємодії, коли одні мікроорганізми в процесі росту створюють умови, сприятливі для росту інших [22; 23].

Метабіоз спостерігають у випадках, коли продукти життєдіяльності одного виду є джерелом живлення мікроорганізмів іншого виду. Таким чином відбувається послідовна зміна одних груп мікроорганізмів іншими на основі використання продуктів життєдіяльності попередніх груп. Таке явище відбувається, наприклад, у ґрунті або в компості під час поступового розкладання рослинних і тваринних решток за участі сапрофітних грибів і бактерій [24].

Вважається, що метабіотична асоціація, по суті, являє собою «послідовний синергізм», за якого під час росту одного мікроорганізму створюються екологічні умови, сприятливі для росту іншого, а той своєю чергою може створити сприятливі умови для третього мікроорганізму і так далі [25].

Цілком логічним є припущення, що завдяки целюлозолітичній активності грибів *T. harzianum* у компостованому органічному субстраті створюються умови для забезпечення бактерій роду *Bacillus* доступними джерелами енергії.

Дослідженням спільного розвитку штамів *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362 у компостованому субстраті передували лабораторні дослідження сумісності цих мікроорганізмів, проведені на твердому живильному середовищі методом зустрічних культур (рис. 1). За їх сумісного культивування міцелій *T. harzianum* PD3 поряд із біомасою (штрихом) бактерій був дещо зріджений, павутиноподібний та мав білий колір, що свідчить про відсутність конідій, які зазвичай надають колонії зернистої структури та характерного жовтувато-зеленого забарвлення. Культура бактерій, посіяна штрихом поблизу зони росту мікроміцета, при цьому набувала жовтої пігментації, що дозволило зробити



Рисунок 1. Сумісність мікроміцета *T. harzianum* PD3 та бактерії *B. megaterium* 362.

припущення про синтез цим штамом бактерій жовтих пігментів як вторинних метаболітів, що можуть проявляти й антагоністичні властивості.

Утім, обмеження розвитку мікроміцета було незначним: штами росли й розвивалися поряд, що дало змогу застосувати їх у подальших дослідженнях із розробки технології компостування. Проте це потребувало певних застережень — інтродукція штамів передбачалася поетапною, з розділенням у часі внесення до субстрату.

3. Визначення строків інтродукції та доз інтродуцентів. Встановлено, що відібрані штами мікроміцета й бактерії здатні приживатися в компостованому субстраті на основі курячого посліду. Вони зберігають життєздатність протягом усього періоду компостування, що свідчить про їхні адаптаційні властивості та потенційну стабільність функціонування в компостованій суміші.

На основі проведених досліджень встановлено, що вносити суспензії досліджуваних штамів у компостовану суміш найдоцільніше в такі терміни: *T. harzianum* PD3 — через 1 місяць після початку компостування, *B. megaterium* 362 — через 2 місяці (тобто через місяць після інтродукції гриба). Інтродукція в зазначені строки забезпечує активний розвиток селекціонованих мікроорганізмів і збагачує ними компост (табл. 1).

Найвищу чисельність інтродукованих мікроорганізмів у готовому компості (через 3,5 місяця) відзначено у варіанті з такими дозами внесених суспензій: споро-міцеліальної *T. harzianum* PD3 — $2 \cdot 10^7$ КУО/кг та бактеріальної *B. megaterium* 362 — $1 \cdot 10^{10}$ КУО/кг компостованої суміші. Це дає підстави рекомендувати зазначені дози мікроміцетів та бактерій і строки їх інтродукції (1 та 2 місяці від початку компостування відповідно) як елементи технології, що забезпечують отримання компосту, збагаченого агрономічно корисними мікроорганізмами. Подвоєння доз інтродуцентів не забезпечувало зростання їхньої чисельності у компості, як порівняти з рекомендованим навантаженням.

Таблиця 1 — Динаміка чисельності інтродукованих мікроміцетів і бактерій у компостованому субстраті, модельний дослід

Місяці від початку компостування	<i>T. harzianum</i> PD3, тис. КУО/г	<i>B. megaterium</i> 362, млн КУО/г
1	0	0
1,5	$19,8 \pm 0,3$	0
2	$49,4 \pm 0,6$	0
2,5	$71,6 \pm 0,7$	$0,29 \pm 0,05$
3	$138,6 \pm 0,5$	$20,30 \pm 0,20$
3,5	$90,4 \pm 0,4$	$2,00 \pm 0,01$

4. Фітогормональна активність мікроорганізмів-інтродуцентів. Сучасні дослідження свідчать, що здатність до синтезу фітогормонів властива багатьом ґрунтовим мікроорганізмам, які продукують їх у значно більших кількостях, ніж рослини. Вони утворюють стимулятори росту основних класів (ауксини, цитокініни, гібереліни), а також інші фітогормони — етилен, абсцизову кислоту, брасиностероїди, олігосахарини, саліцилову та жасмонову кислоти. Серед мікроорганізмів виявлено продуценти майже всіх відомих фітогормонів; окремі (гібереліни, цитокініни) ідентифіковані в їхніх культурах раніше, ніж у рослин [26; 27].

Синтез фітогормонів мікроорганізмами має штамову специфічність. У зв'язку з цим досліджено здатність *B. megaterium* 362 та *T. harzianum* PD3 продукувати фітогормональні речовини як *in vitro*, так і в компостах.

Встановлено, що нативні культуральні рідини *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362 пригнічують розвиток паростків пшениці через надмірні кількості фітогормонів (табл. 2). Десятикратні розведення (1/10–1/10000) стимулюють ріст коренів і пагонів, що свідчить про ауксинову й цитокінінову активність. Гіберелінову активність відзначено лише у найменшому розведенні *T. harzianum* PD3, що вказує на низький вміст гібереліно-подібних речовин.

Таблиця 2 — Рістстимульовальна активність культуральної рідини *T. harzianum* PD 3 та *B. megaterium* 362

Розведення культуральної рідини (КР/вода)	Рістстимульовальна активність (щодо контролю — обробки водою), %						
	загальна		ауксинова		цитокінінова		гіберелінова
	досліджені показники тест-об'єктів						
	маса коренів пшениці	маса пагонів пшениці	маса паростків пшениці	довжина колеоптилів пшениці	маса сім'ядольних листків огірка	довжина гіпокотилів салату	
<i>T. harzianum</i> PD 3							
нативна КР	54	51	52	*	*	*	*
1/10	161	122	137	116	179	140	140
1/100	153	119	133	111	133	105	105
1/1000	196	129	155	110	133	105	105
1/10000	146	119	130	98	112	104	104
<i>B. megaterium</i> 362							
нативна КР	81	90	86	50	272	88	88
1/10	158	122	136	59	227	107	107
1/100	146	124	133	71	142	102	102
1/1000	158	119	134	119	121	100	100
1/10000	115	102	107	100	97	*	*

Примітка: * — показник не визначали.

Проте здатність мікроорганізмів продукувати фітогормони *in vitro* не гарантує їхньої активності в компості, тому було визначено також загальну та специфічну фітогормональну активність водних витяжок готових компостів, щоб підтвердити або спростувати можливі зміни в продукуванні фітогормонів при інтродукції досліджуваних мікроміцета й бактерії.

У модельному досліді використовували водну витяжку компостів у співвідношенні компост/вода 1/16 (табл. 3). У цьому розведенні всі компости позитивно впливали на розвиток паростків пшениці, причому приріст біомаси у варіантах з інтродукцією *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362 був вищим, ніж у контролі без інтродукції.

За загальною масою паростків і пагонів найвищу фітостимульовальну активність показав варіант № 2 (інтродукція гриба через 1 місяць, бактерії — через 2 місяці, одинарна доза інтродуцента — $2 \cdot 10^7$ КУО/кг компосту).

Цей варіант компосту характеризувався найвищою цитокініновою активністю (на 42–116 в. п. більше, ніж в інших варіантах) та найбільшою гібереліновою активністю (приріст — 12–29 в. п.), тоді як ауксинова активність у всіх варіантах з інтродукцією мікроорганізмів була на одному рівні.

5. Дослідження вірулентності штамів *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362. Селекціоновані штами мікроорганізмів, перспективні для застосування в технології компостування, потребують оцінки їхньої патогенності. Така перевірка є необхідною умовою впровадження біотехнологічних рішень, оскільки дозволяє гарантувати, що інтродуковані штами виконуватимуть свою функцію у компості без небажаних побічних ефектів.

Для оцінки патогенності досліджено вірулентність штамів на теплокровних лабораторних тваринах — білих мишах. Отримані результати свідчать про авірулентність *T. harzianum* PD3 ($LD_{50 \text{ в/ч}} \geq 1 \cdot 10^8$ клітин/мишу, $LD_{50 \text{ per os}} \geq 1 \cdot 10^8$ клітин/мишу) та *B. megaterium* 362 ($LD_{50 \text{ в/ч}} \geq 5 \cdot 10^9$ клітин/мишу, $LD_{50 \text{ per os}} \geq 5 \cdot 10^9$ клітин/мишу) для досліджених теплокровних тварин.

Таблиця 3 — Рістстимулювальна активність водної витяжки з компосту (співвідношення компост/вода — 1/16)

№ з/п	Варіанти модельного досліджу	Рістстимулювальна активність (приріст відповідного тест-об'єкта до контролю — обробки водою), %						
		загальна			ауксинова	цитокінінова	гіберелінова	
		Досліджені показники тест-об'єктів						
	маса коренів пшениці	маса пагонів пшениці	маса паростків пшениці	довжина колеоптилів пшениці	маса довжина сім'ядольних листків огірка	маса довжина гіпокотилів салату		
1.	Компост без інтродукції мікроорганізмів (контроль)	95	114	104	110	118	124	
Компост з інтродукцією гриба через 1 місяць, бактерії — через 2 місяці								
2.	<i>T. harzianum</i> + <i>B. megaterium</i> — 1 доза	109	135	122	123	242	150	
3.	<i>T. harzianum</i> + <i>B. megaterium</i> — 2 дози	111	121	116	124	178	121	
Компост з інтродукцією гриба через 1 місяць, бактерії — через 2,5 місяці								
4.	<i>T. harzianum</i> + <i>B. megaterium</i> — 1 доза	100	128	113	122	200	130	
5.	<i>T. harzianum</i> + <i>B. megaterium</i> — 2 дози	98	130	113	119	126	138	

Отже, згідно з нормативними документами [28] обидва досліджені штами належать до групи авірулентних мікроорганізмів, не здатних до інвазії у внутрішні органи досліджених теплокровних тварин, і можуть вважатися непатогенним.

Штами *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362 зберігаються в колекції корисних ґрунтових мікроорганізмів ІСМАВ НААН та депоновані в Депозитарії Інституту мікробіології та вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України за реєстраційними номерами ІМВ F100154 та ІМВ В-8121 відповідно.

6. Елементи технології компостування за участю селекціонованих штамів. Досліджені мікробіологічні особливості стали основою для розробки нової технології компостування органічної суміші на основі пташиного посліду. При цьому склад субстрату, його вологість, розміри буртів, рекомендована температура повітря, попередня підготовка компостованої суміші, режим аерації у дослідах відповідали рекомендаціям, сформованим за результатами наших попередніх досліджень [18].

Особливістю нової технології стало застосування двох інтродукованих мікроорганізмів, які вносили в компостований субстрат поетапно, що сприяло активізації компостування.

Інтродукцію мікроміцета *T. harzianum* PD3 здійснювали відразу після попередньої ферментації компостованої суміші, яка тривала 1 місяць. Споро-міцеліальну суспензію штаму *T. harzianum* PD3 до компостованого субстрату вносили з розрахунку $2 \cdot 10^7$ КУО/кг компосту разом із поливною водою, що забезпечувало рівномірне розосередження інокулянта в масі субстрату.

Інтродукцію бактерії *B. megaterium* 362 проводили через 1 місяць після внесення мікроміцета *T. harzianum* PD3 (тобто через 2 місяці від початку компостування). Бактеріальну суспензію застосовували з розрахунку $1 \cdot 10^{10}$ КУО/кг компосту, розводячи у воді.

Об'єм води на обох етапах інтродукції регулювали залежно від вологості компостованої суміші до досягнення оптимального рівня (60–70 % від повної вологоємності).

За умови забезпечення встановлених параметрів процесу компостування готовий компост отримували через 3,5 місяця.

7. Особливості трансформації біогенних елементів.

З метою з'ясування особливостей компостування курячого посліду з інтродукованими мікроорганізмами досліджено трансформацію сполук біогенних елементів — вуглецю та азоту в компостованих субстратах.

Результати дослідження свідчать про найінтенсивніші втрати вуглецю в процесі ферментації субстрату (табл. 4) у контрольному варіанті. Інтродукція *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362 — як окремо, так і в поєднанні — сприяла зменшенню втрат вуглецю, що зумовлено активним розвитком мікроорганізмів, включно з інтродуцентами та представниками інших еколого-трофічних груп, і відповідним використанням вуглецю для конструктивного й енергетичного метаболізму. Результати визначення вмісту азоту також засвідчили його втрати під час компостування. Найбільші (13 %) — у варіанті без інтродукції мікроорганізмів; за їх внесення втрати були меншими, що пояснюється метаболічним зв'язуванням елемента.

Таблиця 4 — Вплив інтродукції *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362 на вміст вуглецю й азоту в компостованих сумішах

Варіанти досліджу	C, %	N, %
Початковий субстрат	28,3	1,38
Компост через 9 тижнів компостування		
Контроль (без інтродукції)	25,1	1,20
<i>T. harzianum</i> PD3	26,8	1,32
<i>B. megaterium</i> 362	27,5	1,34
<i>T. harzianum</i> PD3 + <i>B. megaterium</i> 362	27,4	1,33

Показником швидкості мінералізації органічної речовини є ступінь розкладання соломи: у варіантах з інтродукцією штамів він становив 65–67 %, тоді як у контролі — лише 41 % (табл. 5). Почергове внесення мікроміцета та бактерії з часовим інтервалом забезпечило синергічний ефект, підвищивши ступінь розкладання соломи до 74 %.

Таблиця 5 — Ступінь розкладання соломи в компостованому субстраті через 3,5 місяця компостування

Варіанти досліджу	Ступінь розкладання соломи, %
Контроль без інтродукції	41
<i>T. harzianum</i> PD3	65
<i>B. megaterium</i> 362 ^f	67
<i>T. harzianum</i> PD3 + <i>B. megaterium</i> 362	74

Отже, поетапна інтродукція *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362 до компостованого субстрату на основі курячого посліду з додаванням соломи і торфу забезпечує скорочення терміну компостування до 3,5 місяця та накопичення в компості агрономічно цінних мікроорганізмів — активних продуцентів фізіологічно активних речовин.

Використання такого біоорганічного добрива в технологіях вирощування сільськогосподарських культур сприятиме корекції складу угруповань мікроорганізмів у ґрунті й забезпечить культурні рослини фітогормонами та іншими сполуками.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІООРГАНІЧНОГО ДОБРИВА ЕКОПОС

У вегетаційному досліді встановлено оптимальну дозу компосту для пшениці озимої (у перерахунку — 10 т/га), після чого протягом двох років у польових умовах оцінювали ефективність експериментального біоорганічного добрива.

Показано, що експериментальний компост позитивно впливає на перезимівлю пшениці. Під дією нового біодобрива відбувається збільшення маси коренів. Позитивний вплив відзначено також і на асиміляційний апарат озимої пшениці: збільшується площа поверхні листків та вміст хлорофілу *b* (табл. 6).

Таблиця 6 — Вплив добрив на асиміляційний апарат пшениці озимої сорту Кубус, польовий дослід, фаза цвітіння

Варіанти досліду	Площа листків, тис. м ² /га	Вміст хлорофілів, мг/100 г сирової речовини		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
Контроль без добрив	13,2 ± 1,4	128,7 ± 4,2	101,2 ± 7,8	229,9 ± 4,1
N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	20,2 ± 0,5	123,4 ± 1,5	119,2 ± 6,7	242,6 ± 5,4
Традиційний компост, 10 т/га	19,0 ± 1,6	120,1 ± 3,3	119,9 ± 8,1	240,0 ± 4,6
Експериментальний компост, 10 т/га	19,6 ± 1,6	123,9 ± 2,6	154,4 ± 6,3	278,3 ± 5,7

У результаті дворічних польових дослідів встановлено, що застосування експериментального компосту істотно підвищує урожайність озимої пшениці, якщо порівняти як з контролем без добрив, так і з іншими варіантами удобрення (табл. 7).

Таблиця 7 — Урожайність пшениці озимої сорту Кубус за дії експериментального компосту, польові досліді

Варіанти досліду	Урожайність, т/га			Приріст урожаю	
	2024 р.	2025 р.	середнє	т/га	%
Контроль без добрив	2,41	3,21	2,81	–	–
N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	2,93	3,94	3,44	0,63	22,4
Традиційний компост, 10 т/га	3,00	4,13	3,57	0,76	27,0
Експериментальний компост, 10 т/га	3,35	4,50	3,92	1,11	39,5
НІР ₀₅	0,39	0,26			

Отримані дані опосередковано підтверджують, що розроблене добриво забезпечує рослини не лише елементами живлення, а й фізіологічно активними речовинами мікробного походження, які утворюються й накопичуються в процесі біотрансформації органічного субстрату.

За результатами визначення комплексу показників якості зерно пшениці з усіх варіантів із застосуванням добрив зараховано до 3-го класу, тоді як у контрольному варіанті без удобрення отримано зерно 4-го класу. Водночас простежується тенденція до покращення більшості показників якості у варіантах з експериментальним компостом і мінеральними добривами не лише проти контролю, а й щодо традиційного компосту.

Ефективність експериментального біоорганічного добрива (отримало назву «Екопос»), одержаного за технологією компостування органічного субстрату на основі курячого посліду з поетапною інтродукцією *T. harzianum* PD3 та *B. megaterium* 362, перевірено у виробничому досліді на базі ТОВ «Баришівська зернова компанія» (Київська обл., Баришівський район) (табл. 8). У досліді з пшеницею озимою встановлено, що застосування експериментального добрива забезпечило приріст урожайності на рівні 31,3 % проти контролю без добрив, тоді як компост, отриманий за традиційною технологією, забезпечив менший приріст — 20,4 %.

Таблиця 8 — Результати виробничого випробування біоорганічного добрива Екопос у технології вирощування пшениці озимої сорту Подолянка, 2025 р. (ТОВ «Баришівська зернова компанія», Київська обл., Баришівський р-н)

Варіанти досліду	Урожайність, т/га	Приріст урожайності	
		т/га	%
Контроль без добрив	4,61	–	–
Традиційний компост, 10 т/га	5,55	0,94	20,4
Екопос, 10 т/га	6,05	1,44	31,3

Згідно з економічними розрахунками, виконаними за результатами виробничого випробування, додаткові витрати на рівні 596 грн/га забезпечили зниження собівартості зерна пшениці на 9,8%. При цьому прибуток зріс на 2104 грн/га, а рівень окупності додаткових витрат додатковим прибутком становив 3,53 грн на кожну вкладену гривню.

Отримані показники підтверджують економічну доцільність застосування експериментального компосту та його конкурентоспроможність, як порівняти з традиційними технологіями удобрення.

Для забезпечення максимальної ефективності біоорганічного добрива важливо дотримуватися оптимальних норм його внесення. Перевищення рекомендованої дози є економічно недоцільним і може уповільнювати розвиток рослин через високий вміст фітогормонів мікробного походження. Тому в технології вирощування озимої пшениці на чорноземних ґрунтах біодобриво доцільно вносити під основний обробіток ґрунту в дозі 10 т/га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pierre-Adrien Rivier, Dorina Jamniczky, Attila Nemes, András Makó, Gyöngyi Barna, Nikolett Uzinger, Márk Rékási, Csilla Farkas. Short-term effects of compost amendments to soil on soil structure, hydraulic properties, and water regime. *J. Hydrol. Hydromech.* 70. 2022. 1. 74–88.
2. Moore P. A., Daniel T. C., Edwards D. R., Miller D. M. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. *Journal of Environmental Quality.* 1995. Vol. 24. P. 239–300.
3. Steiner C., Das K. C., Melear N., Lakly D. Reducing Nitrogen Loss during Poultry Litter Composting Using Biochar. *Journal of Environmental Quality.* 2010. Vol. 39. P. 1236–1242.
4. Jindo K., Suto K., Kazuhiro M. et al. Chemical and biochemical characterisation of biochar-blended composts prepared from poultry manure. *Bioresource Technology.* 2012. Vol. 110. P. 396–404.
5. Khan N., Clark I., Sánchez-Monedero M. A. et al. Maturity indices in co-composting of chicken manure and sawdust with biochar. *Bioresource Technology.* 2014. Vol. 168. P. 245–251.
6. Azeem M., Chaudhry A. N., Faheem M. et al. Nutrients release pattern during co-composting of poultry litter and different sources of fast food wastes. *International Journal of Biosciences.* 2014. Vol. 5, № 12. P. 105–115
7. Скрильник Є. Як отримати якісний перегній. *Вісник цукровиків України.* 2012. № 11. С. 16–18.
8. Дегодюк Е. Г. Інноваційні підходи до утилізації пташиного посліду промислових птахофабрик. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку.* № 10. С. 94–101.
9. Insam H. and De Bertoldi M. Microbiology of Composting Process. In: Diaz L. F., de Bertoldi M., Bidlingmaier W. and Stentiford E., Eds. *Compost Science and Technology, Waste Management Series.* Amsterdam : Elsevier Science, 2007. 26.

10. Noble R., Coventry E. Suppression of soil-borne plant diseases with composts: A review. *Biocontrol Science and Technology*. 2005. 15. 3–20.

11. de Bertoldi M., Vallini G., Pera A. The Biology of Composting: A Review. *Waste Management and Research*. 1983. 1. 157–176.

12. Eliot Epstein. The Science of Composting. Boca Raton : CRC Press, 1997. 504 p.

13. Гаценко М. В., Волкогон В. В., Токмакова Л. М., Луценко Н. В. Мікробіологічні аспекти біокомпостування гною ВРХ з фосфоритами за впливу фосфатмобілізуючих бактерій. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. № 11. С. 75–89.

14. М'ягка М. В., Деркач С. М., Волкогон В. В., Луценко Н. В. Сукцесії мікроорганізмів у процесі компостування курячого посліду. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. № 20. С. 41–48.

15. Біоорганічне добриво «Фосфогумін»: пат. 97198 Україна: МПК 2011.01, C05F15/00, C05F17/00, C05F3/00. № а 2010 12767, заявл. 28.10.2010. Опубл. 10.01.2012, бюл. № 1.

16. Волкогон В. В., Деркач С. М., Дімова С. Б. та ін. Біокомпостування органічного субстрату на основі пташиного посліду за інтродукції асоціації грибів *Trichoderma harzianum* 128. *Агро-екологічний журнал*. 2018. № 1. С. 108–115.

17. Технологія біокомпостування гною ВРХ з фосфоритами за впливу фосфатмобілізуючих мікроорганізмів. Практичні рекомендації / укладачі: В. В. Волкогон, М. В. Гаценко, Н. В. Луценко та ін. Чернігів, 2011. 17 с.

18. Технологія біокомпостування органічної речовини на основі пташиного посліду за інтродукції асоціації *Trichoderma harzianum* 128. Практичні рекомендації / укладачі: В. В. Волкогон, С. Б. Дімова, С. М. Деркач та ін. Чернігів : ІСМАВ НААН, 2015. 18 с.

19. Антоняк Г. Л., Калинець-Мамчур З. І., Дудка І. О., Бабич Н. О., Панас Н. Є. Екологія грибів: монографія. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 628 с. (Серія «Біологічні студії»).

20. Fredrickson A. G. Behavior of mixed cultures of microorganisms. *Annu. Rev. Microbiol.* 1977. Vol. 31. P. 63–87.

21. Bull A. T., Slater J. H. Microbial interaction and communities. London : Acad. Press, 1982. 567 p.

22. Frazier J. C. Food microbiology. N. Y. : McGraw-Hill Book Co. 1967. 537 p.

23. Gram L., Ravn L., Rasch M. et al. Food spoilage — interactions between food spoilage bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 2002. Vol. 78, № 1–2. P. 79.

24. Waid J. S. Does soil biodiversity depend upon metabiotic activity and influences? *Appl. Soil Ecol.* 1999. Vol. 13, № 2. P. 151–158.

25. Sperber W. H., Doyle M. P. Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. Springer, 2009. 367 p.

26. Mohadevan A. Growth regulators, microorganisms and diseased plants. New Delhi : Acad. Press, 1984. 468 p.

27. Андріюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. та ін. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К. : Обереги, 2001. 240 с.

28. Медико-біологічні дослідження виробничих штамів мікроорганізмів і токсико-гігієнічна оцінка мікробних препаратів, визначення їх безпеки та обґрунтування гігієнічних нормативів і регламентів. Методичні вказівки МОЗ України. Київ, 2004.

ЗМІСТ

Вступ	3
Мікробіологічні особливості технології біокомпостування органічної речовини на основі курячого посліду з поетапною інтродукцією <i>Trichoderma harzianum</i> PD3 та <i>Bacillus megaterium</i> 362	4
1. Селекція штамів-інтродуцентів	4
2. Взаємодія селекціонованих штамів	6
3. Визначення строків інтродукції та доз інтродуцентів	8
4. Фітогормональна активність мікроорганізмів-інтродуцентів	9
5. Дослідження вірулентності штамів <i>T. harzianum</i> PD3 та <i>Bacillus megaterium</i> 362	11
6. Елементи технології компостування за участю селекціонованих штамів	13
7. Особливості трансформації біогенних елементів	14
Ефективне використання біоорганічного добрива Екопос	15
Література	19

Наукове видання

Особливості компостування органічної речовини на основі курячого посліду за участі *Trichoderma harzianum* PD3 та *Bacillus megaterium* 362

(науково-методичні рекомендації)

С. Б. Дімова
В. В. Волкогон
Л. А. Шевченко
І. М. Бондар
Ю. М. Халеп

Комп'ютерна верстка та макетування В. О. Агеєв
Коректура О. В. Ільчук

Підписано до друку 19.12.2025 р. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Arial.
Умовн. друк. арк. 1,40. Обл.-вид. арк. 0,81.
Зам. № 25283-04. Наклад 50 прим.

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