



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 579/631.461

© 2019

## **ВПЛИВ ІНТРОДУКЦІЇ ЦЕЛЮЛОЗОЛІТИЧНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ НА МІКРОБІОЦЕНОЗ В УМОВАХ КОМПОСТУВАННЯ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ**

*В.В. Волкогон<sup>1</sup>, М.В. М'яжка<sup>2</sup>, С.Б. Дімова<sup>3</sup>,  
С.М. Деркач<sup>4</sup>, О.В. Пиріг<sup>5</sup>, Н.В. Луценко<sup>6</sup>*

*<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН*

*<sup>2,3,5</sup>кандидати сільськогосподарських наук*

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, 14027, Україна*

*e-mail: <sup>1</sup>volkogon@ukr.net, <sup>2</sup>mgatsenko@ukr.net, <sup>3</sup>dimova13@ukr.net,*

*<sup>4</sup>derkachsergiy888@gmail.com, <sup>5</sup>altrackman1986@gmail.com, <sup>6</sup>nadija.lutsenko@yandex.ru*

Надійшла 8.01.2019

**Мета.** З'ясувати особливості розвитку мікробіоти при компостуванні курячого посліду за інтродукції до субстратів селекціонованих целюлозолітичних штамів мікроорганізмів. **Методи.** Лабораторні, модельні, мікробіологічні, газохроматографічні, генетичного маркування, статистичні. **Результати.** Наведено результати відбору целюлозолітичних мікроорганізмів, виділених з різних органічних субстратів. За проведення скринінгу в лабораторних умовах відібрано штам бактерій роду *Bacillus* (С13) і 3 штами мікроміцетів роду *Trichoderma* (PD3, 129, Л1), які характеризуються високою целюлозолітичною активністю. За здатністю до розвитку в компостованих субстратах на основі курячого посліду, впливом на формування угруповань мікроорганізмів (передусім, зростання чисельності мікроміцетів і целюлозолітичних бактерій) перспективними штамми слід вважати *Bacillus* sp. С13 та *Trichoderma* sp. PD3. Крім того, ці штами сприяють прискоренню мінералізації органічної речовини в ході компостування. Їх інтродукція до компостованих субстратів дає змогу зменшити тривалість ферментації компосту та збагатити його агрономічно цінними мікроорганізмами. **Висновки.** Використання активних штамів мікроорганізмів при компостуванні органічної речовини є перспективним способом керування мікробіологічними процесами деструкції. При цьому компости протягом ферментації можуть збагачуватись на агрономічно цінні мікроорганізми та продукти їх метаболізму. Отримані таким чином біокомпости при їх застосуванні в технологіях

**виращування сільськогосподарських культур зможуть позитивно впливати на продуктивність агроценозів не лише як джерело біогенних елементів, а й як біологічний індуктор процесів росту і розвитку рослин.**

**Ключові слова:** інтродукція мікроорганізмів, компост, курячий послід, мікробні сукцесії, целюлозоруйнівні мікроорганізми, *Bacillus* sp., *Trichoderma* sp.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905-06>

Компостування — аеробний процес, унаслідок якого органічна речовина зазнає часткової мінералізації і глибокого перетворення. Це обумовлено метаболізмом організмів, які розвиваються в компостованому субстраті. Хоча компостування є мікробіологічним процесом, у наявних технологіях конверсії органічної речовини практично не враховано його мікробіологічних особливостей. Визначення різноманітності та структури угруповань мікроорганізмів компосту становить значний інтерес для дослідників, насамперед, для вирішення низки питань екологічного характеру [1, 2]. Крім того, дослідження особливостей сукцесій мікроорганізмів у компостованих субстратах має велике значення для ефективного управління процесом компостування, оскільки бактерії і мікроскопічні гриби відіграють ключову роль у цьому процесі, а поява деяких мікроорганізмів відображає якість компосту, що дозріває [3, 4].

Раніше нами досліджено зміни чисельності мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп у ході компостування курячого посліду за оптимізованого співвідношення C:N (за внесення соломи та торфу в розрахункових кількостях) [5]. Але наявність у компостованому субстраті важкоферментованого компонента (соломи) зумовлює досить тривалий процес компостування. Тому для прискорення ферментації органічної речовини до компостованих субстратів доцільно додавати целюлозоруйнівні мікроорганізми. Проте невідомо, як за таких умов розвиватимуться інші мікроорганізми, і целюлозолітичні зокрема.

**Мета досліджень** — селекція целюлозолітичних мікроорганізмів, здатних до активного розвитку в компостованих сумішах на основі курячого посліду, позитивного впливу на сукцесії мікроорганізмів і розклад соломи в умовах компостування.

**Матеріали та методи досліджень.** Селекцію деструкторів целюлози проводили

в лабораторних умовах за використання середовищ, у яких єдиним джерелом вуглецю є целюлоза. При цьому мікроміцети ізолювали та вирощували згідно з наявними методичними розробками [6, 7].

Для визначення целюлозолітичної активності мікроміцетів керувалися класичним методом [8]. Гриби культивували на середовищі Чалека-Докса такого складу, г/дм<sup>3</sup>: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> — 2; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> — 1,0; MgSO<sub>4</sub> — 0,5; KCl — 0,5; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O — 0,001; pH — 4,5–5. Як єдине джерело вуглецевого живлення використовували пшеничну солому та фільтрувальний папір (1% від маси). Після 21-ї доби культивування залишки целюлозовмісного субстрату відділяли від культуральної рідини, висушували та розраховували відсоток деструкції.

Під час відбору активних целюлозоруйнівних ізолятів бактерій та грибів як позитивний контроль використовували відомі целюлозолітичні штами — *Bacillus subtilis* IMB B-7516, *Trichoderma harzianum* F-2455, *T. viride* F 100001, надані Депозитарієм мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Вивчення приживаності і розвитку інтродукованих до компосту мікроорганізмів, дослідження сукцесії мікроорганізмів здійснювали в ході компостування курячого посліду з селекціонованими целюлозоруйнівними мікроорганізмами в умовах модельних дослідів. Компостування проводили у пластикових контейнерах, куди поміщали по 5 кг курячого посліду вологістю 70%. З метою оптимізації співвідношення C:N на рівні 20:1 до посліду додавали подрібнену солому — 0,7 кг і торф — 1,9 кг. Повторність дослідів — 4-разова. У ході компостування підтримували вологість субстрату на рівні 70–75%, перемішуючи 1 раз на 2 тижні.

Бактерії вирощували в умовах періодичної культури на живильному середовищі такого складу, г/дм<sup>3</sup>: меляса (50%-ва) — 30;

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  — 0,1;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,25;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  — 0,25;  $\text{MgSO}_4$  — 0,25;  $\text{CaCO}_3$  — 0,3; pH — 7,0. Спороміцеліальну суспензію грибів отримували способом вирощування на скошеному в пробірках сусло-агарі з подальшим змивом стерильною водою.

Інтродукцію мікроорганізмів до компостованих сумішей здійснювали через 2 міс. попередньої їх ферментації з розрахунку  $1 \cdot 10^6$  клітин бактерій/г суміші, мікроміцетів —  $1 \cdot 10^5$  КУО/г суміші. Приживаність і розвиток інтродукованих до субстратів бактерій визначали за використання методу генетичного маркування [9]. Отримували резистентні штами бацил, здатні розвиватися в середовищі зі стрептоміцином у дозі 2000 мкг/мл. Ізоляти досліджуваних мікроміцетів генетично не маркували, зважаючи на відсутність представників роду *Trichoderma* в компостованих субстратах і можливість нескладної їх ідентифікації на живильному середовищі.

Схемою досліду з компостування сумішей курячого посліду з торфом і соломою за впливу селекціонованих целюлозоруйнівних мікроорганізмів передбачено такі варіанти: 1. Контроль (суміш посліду з торфом і соломою). Компостування суміші посліду з торфом і соломою за впливу: 2. *Bacillus sp.* СБ1; 3. *Bacillus sp.* С13; 4. *Trichoderma sp.* PD3; 5. *Trichoderma sp.* Л1; 6. *Trichoderma sp.* 129.

Чисельність амоніфікувальних бактерій визначали на м'ясо-пептонному агарі, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми нітрогену — на крохмале-аміачному агарі, мікроміцетів — на сусло-агарі [10]. Кількість целюлозоруйнівних бактерій досліджували на рідкому середовищі Імшенецького та Солнцевої [11]. Для оцінки емісії вуглекислого газу застосовували метод закритих камер [12]. Емісію  $\text{CO}_2$  в компості визначали в газових пробах на газовому хроматографі «Цвет–500 М» із детектором теплопровідності.

Статистичну обробку результатів проведено за використання дисперсійного аналізу. Результати модельних дослідів обраховано за допомогою 2-факторного дисперсійного методу та комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003–2010).

**Результати досліджень.** З метою скринінгу целюлозоруйнівних мікроорганізмів

виділяли ізоляти з різних субстратів (з курячого посліду, компосту на його основі, біогумусу, сіна, напіврозкладеного листя, ґрунту). Відібрано 243 ізоляти бактерій, які попередньо віднесено до роду *Bacillus*, та 144 ізоляти мікроміцетів, ідентифікованих як представники роду *Trichoderma* (далі в тексті наведено результати досліджень лише частини ізолятів, цікавих щодо їх перспективності).

Для відбору ізолятів з високою целюлозолітичною активністю проводили дослідження ступеня деструкції соломи та фільтрувального паперу як єдиного джерела вуглецю у мінеральному середовищі. Серед виділених бактерій найактивнішими за деструкції фільтрувального паперу виявилися ізоляти: *Bacillus sp.* 14/7, *Bacillus sp.* 17/7, *Bacillus sp.* С13, *Bacillus sp.* 14/1, *Bacillus sp.* СБ1 (ступінь деструкції фільтрувального паперу — 12,5–28,6%) (табл. 1).

Щодо розкладу соломи, то за дії *Bacillus sp.* 14/7, *Bacillus sp.* С13 та *Bacillus sp.* СБ1 показники ступеня деструкції в досліді були найвищими (11,3–15,5%). Вплив *Bacillus sp.* 14/1 та *Bacillus sp.* 17/7 на ступінь деструкції соломи дещо нижчий (7,6–7,8%). Варто зазначити, що інтенсивність деструкції фільтрувального паперу та соломи за дії активних ізолятів була вищою за показники позитивного контролю (*Bacillus subtilis* ІМВ В-7516).

Для подальших досліджень використовували бактерії, за дії яких ступінь деструкції фільтрувального паперу і/або соломи був найбільшим (*Bacillus sp.* 14/7, *Bacillus sp.* 17/7, *Bacillus sp.* С13, *Bacillus sp.* СБ1).

Під час вивчення целюлозолітичної активності мікроміцетів дослідження проводили на мінеральному середовищі з соломою. Порівняння активності здійснювали до показників штамів *Trichoderma harzianum* F-2455 та *T. viride* F 100001.

Найвищу активність щодо розкладання соломи як єдиного джерела вуглецю у мінеральному середовищі виявили ізоляти *Trichoderma sp.* PD3, 13, 129, Л1 (табл. 2). Ступінь деструкції соломи за дії зазначених ізолятів становить 34–38%, що перевищує показники позитивних контролів — *T. harzianum* F-2455 та *T. viride* F 100001 (25 і 26% відповідно).

На основі отриманих результатів для подальшого вивчення деструкції соломи

**1. Ступінь деструкції фільтрувального паперу та соломи представниками роду *Bacillus***

Мікроорганізми	Джерело виділення	Ступінь деструкції, %	
		фільтрувального паперу	соломи
<i>Bacillus subtilis</i> IMB B-7516	Колекційний штам (стандарт)	20,1	7,7
<i>Bacillus sp.</i> 4/1	Компост на основі курячого посліду	11,2	5,1
<i>Bacillus sp.</i> 4/3	» » »	4,8	5,2
<i>Bacillus sp.</i> 14/1	Деревина, подрібнена короїдом	13	7,6
<i>Bacillus sp.</i> 14/6	Біогумус	4,4	5,1
<b><i>Bacillus sp.</i> 14/7</b>	»	<b>28,6</b>	<b>11,5</b>
<i>Bacillus sp.</i> 15/2	Сіно (різнотрав'я)	0,8	4,6
<i>Bacillus sp.</i> 17/1	Листя напіврозкладене (з компосту)	–	1,9
<b><i>Bacillus sp.</i> 17/7</b>	Сіно (різнотрав'я)	<b>24,0</b>	<b>7,8</b>
<i>Bacillus sp.</i> 20/6	Біогумус	3,6	6,7
<i>Bacillus sp.</i> 22/1	Курячий послід	–	3,6
<b><i>Bacillus sp.</i> C13</b>	Ґрунт	<b>13,9</b>	<b>15,5</b>
<b><i>Bacillus sp.</i> СБ1</b>	Сіно (різнотрав'я)	<b>12,5</b>	<b>11,3</b>

Примітка. Жирним шрифтом виділено найактивніші бактеріальні ізоляти (до табл. 1, 2).

в умовах компостування відібрано ізоляти *Trichoderma sp.* PD3, 13, 129, Л1 як найактивніші в лабораторних умовах целюлозоруйнівні мікроміцети.

Відібрані активні целюлозолітичні ізоляти бактерій роду *Bacillus* (14/7, 17/7, C13, СБ1) та гриби роду *Trichoderma* (PD3, 13, 129, Л1) перевіряли на здатність розвиватися в органічних субстратах на основі пташиного посліду.

Адаптовані за стійкістю до стрептоміцину (як маркера, що дає змогу виявляти інтродуковані бактерії) в дозі 2000 мкг/мл штами бактерій додавали до компостованої суміші через 2 міс. попереднього компостування. Отримані дані свідчать про розмноження окремих бактеріальних штамів у компостованих субстратах на початкових етапах компостування. Варто зазначити про достатньо

**2. Активність розкладання фільтрувального паперу ізольованими мікроміцетами роду *Trichoderma***

Мікроорганізми	Джерело виділення	Ступінь деструкції соломи, %
<i>Trichoderma harzianum</i> F-2455	Колекційний штам (стандарт)	25
<i>Trichoderma viride</i> F 100001	» »	26
<i>Trichoderma sp.</i> 1	Коріння берези	26
<i>Trichoderma sp.</i> 2	» »	26
<i>Trichoderma sp.</i> 3	» »	29
<b><i>Trichoderma sp.</i> 13</b>	» »	38
<i>Trichoderma sp.</i> 18	» »	29
<b><i>Trichoderma sp.</i> PD3</b>	» »	33
<i>Trichoderma sp.</i> 115	Напіврозкладена солома	33
<i>Trichoderma sp.</i> 127	» »	23
<i>Trichoderma sp.</i> 128	» »	30
<b><i>Trichoderma sp.</i> 129</b>	» »	34
<i>Trichoderma sp.</i> 140	» »	30
<b><i>Trichoderma sp.</i> Л1</b>	Напіврозкладене листя	37

високий ступінь розвитку штаму С13 у субстраті на основі пташиного посліду. Так, протягом усього терміну компостування чисельність стрептоміцинорезистентних бактерій *Bacillus sp.* С13 була на рівні не нижче 5 млн КУО/г сухого субстрату.

Визначали також здатність ізольованих активних штамів мікроміцетів до розвитку в компостованих субстратах. Отримані результати свідчать про успішну інтродукцію до компостованих субстратів більшості досліджуваних штамів. Так, у суміші посліду із соломою і торфом найкращу приживальність виявив штам PD3, чисельність якого протягом періоду компостування зростала від 13,3 до 125 тис. КУО/г сухого компосту. Також стабільно високі показники чисельності виявлено за інтродукції до компосту ізолятів *Trichoderma sp.* Л1 та *Trichoderma sp.* 129 (на рівні 60–70 тис. КУО/г сухого компосту із 60-ї доби до кінця компостування).

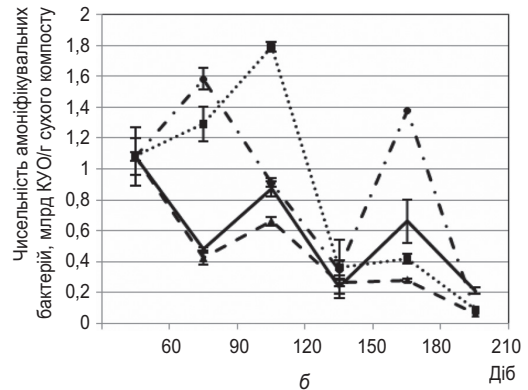
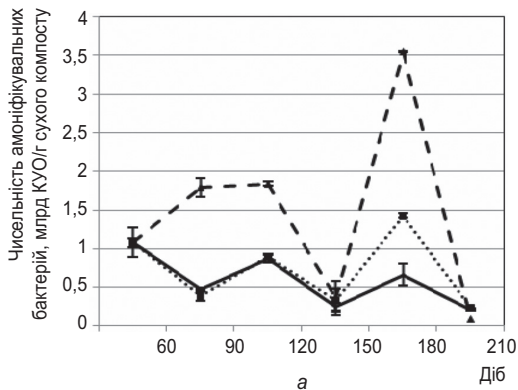
Отже, у ході проведеної роботи селекціоновано 1 штам бактерій роду *Bacillus* (С13) і 3 штами грибів роду *Trichoderma* (PD3, 129, Л1), які характеризуються високою целюлозолітичною активністю і здатністю до розвитку в компостованих субстратах на основі курячого посліду.

Наступним етапом наших досліджень було з'ясування особливостей сукцесійних змін в угрупованнях мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду за інтродукції селекціонованих штамів

целюлозоруйнівних мікроорганізмів.

Отримані результати свідчать про зростання в компостованих субстратах чисельності бактерій, які беруть безпосередню участь у процесах трансформації нітрогену. Так, за інтродукції селекціонованих мікроорганізмів зростає кількість амоніфікувальних бактерій та мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми нітрогену. При цьому чисельність амоніфікаторів є найвищою протягом 3–4-х міс. (90–120 діб) та 6-го міс. (180 діб) компостування (рис. 1). Так, у варіантах з унесенням до компосту *Trichoderma sp.* PD3 і *Trichoderma sp.* Л1 їх чисельність зростає з 1,1 млрд КУО/г сухого компосту на 2-му міс. компостування до 1,6–1,8 млрд КУО/г сухого компосту на 3–4-му. Через 6 міс. компостування кількість амоніфікувальних бактерій зростає до 3,54 млрд КУО/г сухого компосту. Отже, спостерігається 2 піки розвитку цих мікроорганізмів, що пояснюється неоднорідністю органічного субстрату і тривалою мінералізацією окремих його компонентів.

Стрімкий розвиток мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні форми нітрогену, при компостуванні посліду з соломою і торфом за участі всіх досліджуваних представників роду *Trichoderma* спостерігається протягом 3-го міс. компостування (табл. 3). Їх чисельність зростає з 0,85 млрд КУО/г сухого компосту (2-й міс. компостування) до 4,10 млрд КУО/г сухого компосту



**Рис. 1.** Динаміка чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів у компості на основі курячого посліду залежно від інтродукованого мікроорганізму: а — контроль (суміш посліду з торфом і соломою); компостування за впливу: - - - - *Bacillus sp.* СБ1; ······ — *Bacillus sp.* С13; б — контроль (суміш посліду з торфом і соломою); компостування за впливу: - - - - *Trichoderma sp.* PD3; ······ — *Trichoderma sp.* Л1; - · - · — *Trichoderma sp.* 129

**3. Динаміка чисельності бактерій, що використовують переважно мінеральні форми нітрогену (млрд КУО/г сухого компосту)**

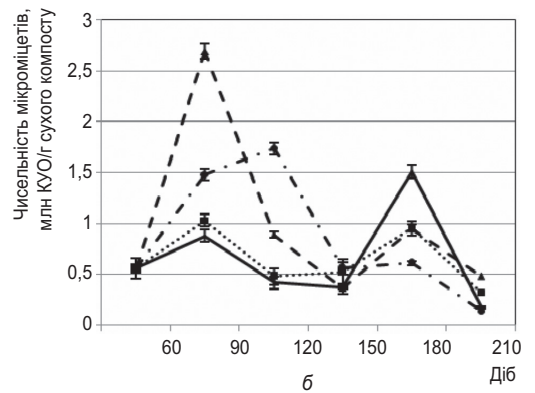
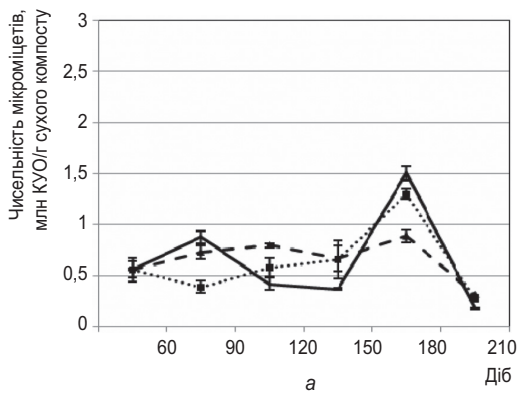
Варіант досліджу	Тривалість експозиції, міс.					
	2 міс. компостування (перед унесенням мікроорганізмів)	3	4	5	6	7
Контроль (суміш посліду з торфом і соломою)	0,85±0,9	0,8±0,1	0,9±0,1	0,2±0,01	0,1±0,02	0,06±0,004
Компостування за впливу:						
<i>Bacillus sp.</i> СБ1		0,8±0,10	0,5±0,04	0,3±0,04	0,2±0,02	0,1±0,01
<i>Bacillus sp.</i> С13		0,4±0,05	0,5±0,04	0,4±0,05	0,4±0,02	0,1±0,02
<i>Trichoderma sp.</i> PD3		3,5±0,10	0,2±0,02	0,3±0,05	0,3±0,03	0,1±0,02
<i>Trichoderma sp.</i> Л1		3,7±0,80	0,5±0,10	0,1±0,02	0,2±0,04	0,04
<i>Trichoderma sp.</i> 129		4,1±0,40	0,1±0,01	0,9±0,02	0,2±0,03	0,02

(3-й міс. компостування). Після зазначеного періоду зростання їхня чисельність різко знижується, що пояснюється зменшенням трофічного субстрату (оскільки вивільнені в процесі мінералізації мінеральні сполуки нітрогену за участі мікроорганізмів трансформуються в нові органічні сполуки). Дещо нижчі показники чисельності представників цієї групи мікроорганізмів у варіантах компостування за участі бактерій роду *Bacillus*.

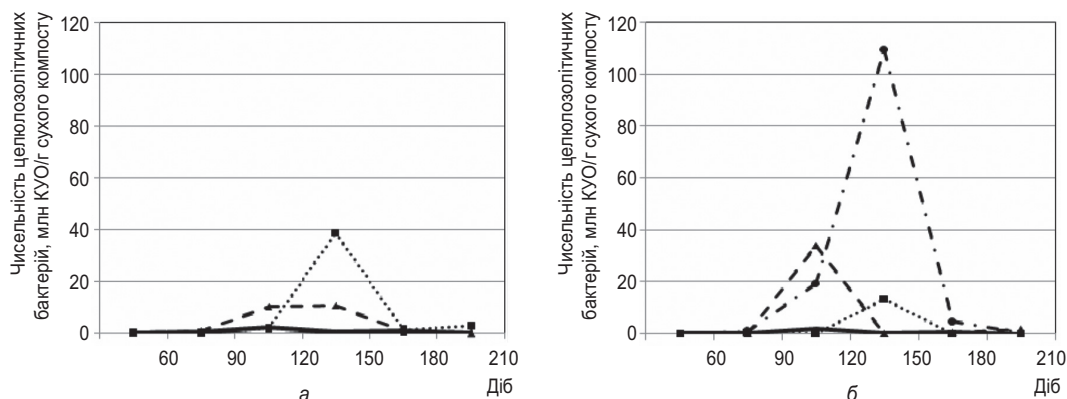
Динаміка чисельності мікроміцетів у компостованій суміші за інтродукції бацил характеризується поступовим незначним зростанням, що можна пояснити активним

розвитком інтродукованої бактерії та частковим пригніченням розвитку мікроміцетів.

За інтродукції до компостованого субстрату мікроорганізмів роду *Trichoderma* кількість мікроміцетів спочатку зростає, а потім стабілізується на певному рівні. Так, зростання кількості мікроскопічних грибів починається з 0,5 млн КУО/г (2-й міс. компостування) і сягає 1,03–2,7 млн КУО/г сухого компосту залежно від досліджуваного штаму (рис. 2). Найвищим показник чисельності мікроміцетів був за внесення до компостованої суміші *Trichoderma sp.* PD3, що може опосередковано свідчити про активний розвиток інтродукованого мікроміцета в субстраті.



**Рис. 2.** Динаміка чисельності мікроміцетів у компості на основі курячого посліду залежно від інтродукованого мікроорганізму: а — контроль (суміш посліду з торфом і соломою); компостування за впливу: - - - - *Bacillus sp.* СБ1; ... - *Bacillus sp.* С13; б — контроль (суміш посліду з торфом і соломою); компостування за впливу: - - - - *Trichoderma sp.* PD3; ... - *Trichoderma sp.* Л1; - - - - *Trichoderma sp.* 129



**Рис. 3.** Особливості розвитку целюлозолітичних аеробних бактерій у компості на основі курячого посліду залежно від інтродукованого мікроорганізму: а — контроль (суміш посліду з торфом і соломою); компостування за впливу: - - - - *Bacillus sp. СБ1*; ..... — *Bacillus sp. С13*; б — контроль (суміш посліду з торфом і соломою); компостування за впливу: - - - - *Trichoderma sp. PD3*; ..... — *Trichoderma sp. Л1*; - · - · — *Trichoderma sp. 129*

#### 4. Динаміка емісії вуглекислого газу з компостованих субстратів, нмоль $CO_2$ /г сухого компосту/год

Варіант дослідження	Тривалість експозиції, міс.					
	2 міс. компостування (перед унесенням мікроорганізмів)	3	4	5	6	7
Контроль (суміш посліду з торфом і соломою)	174,9±11,6	143,7±4,4	114,8±10,2	100,8±4,6	27,3±2,9	8,72±0,38
Компостування за впливу:						
<i>Bacillus sp. СБ1</i>		149,5±5,1	112,0±1,3	195,1±2,3	70,5±2,4	6,29±0,7
<i>Bacillus sp. С13</i>		388,1±8,7	171,2±1,8	150,5±2,3	68,9±5,7	2,61±0,3
<i>Trichoderma sp. PD3</i>		36,1±0,8	67,7±0,3	263,5±3,9	72,1±1,5	4,23±0,2
<i>Trichoderma sp. Л1</i>		41,2±2,2	69,7±0,9	130,9±2,9	65,6±1,9	2,17±0,2
<i>Trichoderma sp. 129</i>		22,7±2,9	61,9±1,2	154,7±3,3	16,6±0,9	1,40±0,2

Дослідження чисельності целюлозолітичних аеробних бактерій свідчить про зростання їх кількості у субстраті після 3-х міс. компостування. Найвищі показники чисельності целюлозоруйнівних бактерій — до 39 млн КУО/г сухого компосту виявлено за інтродукції до суміші *Bacillus sp. С13* (рис. 3).

За компостування суміші на основі посліду з мікроміцетами роду *Trichoderma* чисельність целюлозолітичних бактерій зростає, кількість грибів поступово знижується. Цікавим є той факт, що інтродукція до компостованого субстрату гриба *Trichoderma*

#### 5. Ступінь розкладу соломи на кінцевій стадії компостування курячого посліду

Варіант дослідження	Ступінь розкладу соломи, %
Контроль (суміш посліду з торфом і соломою)	48
Компостування за впливу:	
<i>Bacillus sp. СБ1</i>	54
<i>Bacillus sp. С13</i>	60
<i>Trichoderma sp. PD3</i>	72
<i>Trichoderma sp. Л1</i>	53
<i>Trichoderma sp. 129</i>	57

сп. 129 сприяє найбільшому розвитку целюлозоруйнівних бактерій — до 109,3 млн КУО/г сухого компосту.

На кінцевій стадії компостування чисельність представників усіх досліджуваних груп мікроорганізмів знижується (до найнижчих показників за весь період компостування). Це є логічним, оскільки органічна речовина в субстраті зазнала повної мінералізації і синтезу нових органічних сполук, що обмежило джерела живлення для розвитку досліджуваних мікроорганізмів. За цими мікробіологічними показниками період компостування можна вважати завершеним.

Інтегральним показником розвитку мікроорганізмів може бути продукування CO<sub>2</sub>. Емісія

вуглекислого газу загалом характеризує особливості перебігу процесів компостування. Так, найвищі показники продукування CO<sub>2</sub> спостерігаються в компості за інтродукції *Bacillus sp.* C13 і *Trichoderma sp.* PD3 (табл. 4).

Із закінченням періоду компостування продукування CO<sub>2</sub> знижується, що також може свідчити про завершення процесу ферментації органічної речовини.

Дослідження впливу інтродукованих мікроорганізмів на ступінь розкладу соломи в умовах компостування свідчить про найвищі показники ферментації соломи за внесення до субстратів *Bacillus sp.* C13 і *Trichoderma sp.* PD3 (становлять відповідно 60 і 72%) (табл. 5).

## Висновки

Отримані результати лабораторних і модельних дослідів із компостування субстрату на основі курячого посліду за участі селекціонованих целюлозолітичних мікроорганізмів свідчать про перспективи *Bacillus sp.* C13 і *Trichoderma sp.* PD3 як біологічних агентів оптимізації процесів

біоферментації органічної речовини. Зазначені штами активно розвиваються в суміші курячого посліду з торфом і соломою, а також сприяють розвитку окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів, важливих для здійснення процесу компостування органічної речовини.

Волкогон В.В.<sup>1</sup>, Мягкая М.В.<sup>2</sup>, Димова С.Б.<sup>3</sup>, Деркач С.Н.<sup>4</sup>, Пирог А.В.<sup>5</sup>, Луценко Н.В.<sup>6</sup>

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, ул. Шевченко, 97, г. Чернигов, 14027, Украина; e-mail: <sup>1</sup>volkogon@ukr.net, <sup>2</sup>mgatsenko@ukr.net, <sup>3</sup>dimova13@ukr.net, <sup>4</sup>derkachsergiy888@gmail.com, <sup>5</sup>altrockman1986@gmail.com, <sup>6</sup>nadija.lutsenko@yandex.ru

**Влияние интродукции целлюлозолитических микроорганизмов на микробиоценоз в условиях компостирования куриного помета**

**Цель.** Выяснить особенности развития микробиоты при компостировании куриного помета при интродукции к субстратам селекционированных целлюлозолитических штаммов микроорганизмов. **Методы.** Лабораторные, модельные, микробиологические, газохроматографические, генетического маркирования, статистические. **Результаты.** Приведены результаты отбора целлюлозолитических микроорганизмов, выделенных из разных органических субстратов. После проведения скрининга в лабораторных условиях отобран штамм бактерий рода *Bacillus* (C13) и 3 штамма микромикетов рода *Trichoderma* (PD3, 129, Л1), которые характеризуются высокой

целлюлозолитической активностью. По способности развития в компостированных субстратах на основе куриного помета, влиянию на формирование группировок микроорганизмов (прежде всего, рост численности микромикетов и целлюлозолитических бактерий) перспективными штаммами следует считать *Bacillus sp.* C13 и *Trichoderma sp.* PD3. Кроме того, эти штаммы способствуют минерализации органического вещества в ходе компостирования. Их интродукция к компостированным субстратам дает возможность уменьшить продолжительность ферментации компоста и обогатить его агрономично ценными микроорганизмами. **Выводы.** Использование активных штаммов микроорганизмов при компостировании органического вещества является перспективным приемом управления микробиологическими процессами деструкции. При этом компосты в течение ферментации могут обогащаться агрономически ценными микроорганизмами и продуктами их метаболизма. Полученные таким образом биокомпосты при их применении в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур смогут положительно влиять на производительность агроценозов не только как источник биогенных элементов, но и как биологический индуктор процессов роста и развития растений.



**Ключевые слова:** интродукция микроорганизмов, компост, куриный помет, микробные сукцессии, целлюлозоразрушающие микроорганизмы, *Bacillus sp.*, *Trichoderma sp.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905-06>

Volkohon V.<sup>1</sup>, Miahka M.<sup>2</sup>, Dimova S.<sup>3</sup>, Derkach S.<sup>4</sup>, Pyrig O.<sup>5</sup>, Lutsenko N.<sup>6</sup>

*Institute of agricultural microbiology and agroindustrial production of NAAS, Shevchenko Str., 97, Chernihiv, 14027, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>volkogon@ukr.net, <sup>2</sup>mgatsenko@ukr.net, <sup>3</sup>dimova13@ukr.net, <sup>4</sup>derkachsergiy888@gmail.com, <sup>5</sup>altrockman1986@gmail.com, <sup>6</sup>nadija.lutsenko@yandex.ru*

**Influence of introduction of cellulolytic microorganisms on microbiocenosis in conditions of a composting of a poultry excreta**

**The purpose.** To clarify features of microbiota growth at composting poultry excreta at introduction to substratum of selected cellulolytic strains of microorganisms. **Methods.** Laboratory, model, microbiological, gas chromatographic, genetic labeling, statistical. **Results.** Results of selection of cellulolytic microorganisms secreted from different organic substrata are brought. After screening in laboratory conditions the strain of bacteria of stem *Bacillus* (C13) and 3 strains of *micromycetes* of stem *Trichoderma* (PD3, 129, L1)

which are characterized by tall cellulolytic activity are taken. On ability of growth in *composted* substrata on the basis of poultry excreta, as well as influence on formation of groups of microorganisms (first of all, growth of numerosity *micromycetes* and cellulolytic bacteria) it is necessary to consider as perspective strains *Bacillus sp.* C13 and *Trichoderma sp.* PD3. Besides, these strains promote mineralization of organic substance during composting. Their introduction to composted substrata enables to diminish duration of fermentation of compost and to enrich it agronomically valuable microorganisms. **Conclusions.** Use of active strains of microorganisms at composting organic substance is a perspective method of control over microbiological processes destruction. Thus composts during fermentation can be agronomically enriched with valuable microorganisms and products of their metabolism. The composts gained thus at their application in techniques of growing crops can influence positively productivity of agro-ecosystems not only as a source of biogenic elements, but also as biological inducer of processes of growth and development of plants.

**Key words:** introduction of microorganisms, compost, poultry excreta, microbial succession, cellulose breaking microorganisms, *Bacillus sp.*, *Trichoderma sp.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905-06>

## Бібліографія

1. Tiquia S.M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *J. of Applied Microbiology*. 2005. V. 99, № 4. P. 816–828. doi: 10.1111/j.1365-2672.2005.02673
2. Anastasi A., Varese G.C., Marchisio V.F. Isolation and identification of fungal communities in compost and vermicompost. *Mycologia*. 2005. V. 97. P. 33–44. doi.org/10.1080/15572536.2006.11832836
3. Sánchez Ó.J., Ospina D.A., Montoya S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Manag.* 2017. № 69. P. 136–153. doi: 10.1016/j.wasman.2017.08.012
4. Ribeiro N. de Q., Souza T.P., Costa L.M.A.S. et al. Microbial additives in the composting process. *Ciênc. agrotec.* 2017. V. 41. № 2. P. 159–168. doi: org/10.1590/1413-70542017412038216
5. М'ягка М.В., Деркач С.М., Волкогон В.В., Луценко Н.В. Сукцесії мікроорганізмів у процесі компостування курячого посліду. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб.* Чернігів: ЦНТЕІ, 2014. Вип. 20. С. 3–7.
6. Дудка І.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. Методы экспериментальной микологии:

справочник: под ред. В.И. Билай. Киев: Наукова думка, 1982. 561 с.

7. Авдєєва Л.В., Хархота М.А., Хархота Г.В. Деструкція поживних рослинних залишків штамами *B. subtilis* IMB B-7516 і *B. licheniformis* MB B-7515. *Мікробіологічний журнал*. 2016. № 2. С. 14–19.

8. Hogos S.E.G., Juarez J.V., Ramonet C.A. et al. Aerobic thermophilic composting of wastesludge from gelatin-grenetine industry. *Resurces Conservation and Recycling*. 2002. V. 34. P. 161–173.

9. Методы общей бактериологии; под ред. Ф. Герхардта. Москва: Мир, 1984. 264 с.

10. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. Москва: Агропромиздат, 1987. 239 с.

11. Звягинцев Д.Т. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Москва: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.

12. Kusa K., Sawamoto T., Hu R. Comparison of the closed-chamber and gas concentration gradient methods for measurement of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in two upland field soils. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2008. V. 54. P. 777–785.