

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ
ТА АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

ДЕРКАЧ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 579.64:631.86/87:631.95

**ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ КОМПОСТУВАННІ
СУБСТРАТІВ НА ОСНОВІ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ**

03.00.07 – мікробіологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Чернігів – 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України.

Науковий керівник: доктор сільськогосподарських наук,
професор, член-кореспондент НААН
Волкогон Віталій Васильович,
Інститут сільськогосподарської мікробіології та
агропромислового виробництва НААН,
начальник відділу сільськогосподарської мікробіології

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
член-кореспондент НААН
Патика Микола Володимирович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
завідувач кафедри екобіотехнології та біорізноманіття

доктор сільськогосподарських наук, професор
Шерстобосва Олена Володимирівна,
Інститут агроекології і природокористування НААН,
головний науковий співробітник
лабораторії молекулярної екології

Захист відбудеться 3 липня 2019 р. о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 79.377.01 в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН за адресою: 14035, м. Чернігів, вул. Шевченка, 97.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН за адресою: 14035, м. Чернігів, вул. Шевченка, 97.

Автореферат розіслано 30 травня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В. П. Горбань

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За останнє десятиліття птахівництво в Україні набуло бурхливого розвитку. Поголів'я птиці зросло із 123,3 млн у 1998 р. до 202,5 млн у 2017 р. Такий активний розвиток птахівництва вплинув на значне накопичення відходів виробництва, зокрема посліду, на рівні 1,5 млн тон на рік.

Послід є цінною сировиною, тож частина його використовується для виготовлення добрив. Проте застосування свіжого пташиного посліду супроводжується низкою негативних для довкілля наслідків. У зв'язку з цим більшість підприємств накопичують відходи у кар'єрах або в буртах. Це спричиняє розвиток патогенної мікробіоти в субстраті, що з точки зору як ветеринарії, так і гуманної медицини та гігієни є неприпустимим. Крім того, відбувається забруднення ґрунтових вод сполуками азоту (Володавець с соавт., 1979; Агеев с соавт., 2004; Мерзлая с соавт., 2005; Петриченко із співавт., 2009; Скрильник із співавт., 2016). Накопичення відходів птахівництва є проблемою практично для всіх регіонів України, ігнорування якої найближчим часом може призвести до екологічної катастрофи. Вирішити її можна шляхом розробки і впровадження технологій компостування пташиного посліду (Гончар, 1986; Moore et al., 1995).

Найпростішим способом переробки пташиного посліду та виготовлення органічного добрива з нього є спонтанна ферментація в буртах на відкритих або критих майданчиках. Проте він не позбавлений вищенаведених недоліків. Іншим напрямом є контрольована ферментація в закритих або напівзакритих камерах. Для недопущення при цьому анаеробних процесів компостування інколи супроводжують продуванням субстрату повітрям. Проте за таких умов у субстраті зростає температура до 80 – 90°C, що практично забезпечує його пастеризацію. З точки зору знешкодження патогенних організмів це є позитивною ознакою технології, однак при цьому знищується також і корисна мікробіота. Таким чином, отримуваний компост втрачає якості збагаченого мікроорганізмами добрива і задовольняє лише агрохімічні вимоги.

Для нівелювання зазначених недоліків розроблено низку технологій компостування, які передбачають ферментацію органічної речовини шляхом розігріву субстрату до 50 – 80°C з наступним його змішуванням з бактеріальною культурою (Кулагина с соавт., 2006; Родненко с соавт., 2006; Мохов с соавт., 2009; Юрченко із співавт., 2009). Проте зазначені підходи не дозволяють отримати біоорганічне добриво високої якості, оскільки застосування мікроорганізмів зводиться до їх механічного внесення після завершення процесу компостування, без урахування особливостей приживаності мікроорганізмів у субстраті.

На наш погляд, перспективним прийомом компостування може бути інтродукція до субстрату мікроорганізмів, здатних прискорити процес компостування, а також представників мікробіоти, які є корисними для розвитку рослин. Такий спосіб може не лише забезпечити утилізацію відходів, а й отримати ефективні та безпечні біоорганічні добрива, збагачені корисною мікробіотою та фізіологічно активними речовинами.

У зв'язку з цим, тема представлених досліджень є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано в лабораторії ґрунтової мікробіології Інституту

сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН у відповідності з ПНД НААН 05 «Сільськогосподарська мікробіологія» на 2013 – 2015 рр. за завданням 05.00.02.10.П «Дослідити особливості мікробних сукцесій при компостуванні органіки, створити біоорганічні добрива з високим вмістом агрономічно цінних мікроорганізмів та фітогормонів рістстимулювальної дії» (ДР № 113U001089) та з ПНД НААН 07 «Сільськогосподарська мікробіологія» на 2016–2020 рр. за завданням 07.00.03.03.Ф «Визначити направленість сукцесій мікробних угруповань при компостуванні органічної речовини за інтродукції селекціонованих штамів бактерій і мікроміцетів з метою формування потужних джерел агрономічно важливих мікроорганізмів» (ДР № 0116U002074).

Мета і завдання дослідження: Оптимізувати перебіг мікробіологічних процесів при компостуванні курячого посліду, у т.ч. за інтродукції до субстрату селекціонованих мікроорганізмів, створити технологію керованого компостування посліду для отримання біоорганічного добрива з високим вмістом агрономічно корисних мікроорганізмів та фізіологічно активних сполук.

Для досягнення поставленої мети проводили дослідження за наступними завданнями:

- дослідити особливості сукцесії мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду;
- виділити активні штами целюлозолітичних мікроорганізмів та ідентифікувати їх;
- дослідити можливість розвитку селекціонованих мікроорганізмів у субстратах на основі курячого посліду та умови їх ефективної інтродукції до компостованих субстратів;
- вивчити вплив інтродукованих мікроорганізмів на ступінь мінералізації органічної речовини та накопичення біологічно активних сполук;
- розробити ефективну технологію компостування пташиного посліду за використання селекціонованих мікроорганізмів;
- дослідити ефективність експериментального компосту при вирощуванні сільськогосподарських культур (на прикладі картоплі).
- *Об'єкт дослідження* – процеси біологічної ферментації органічної речовини.
- *Предмет дослідження* – спрямованість мікробіологічних процесів при ферментації пташиного посліду.

Методи дослідження: польового досліду – визначення оптимальних доз біоорганічного добрива; лабораторні (мікробіологічні – визначення чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів; хроматографічні – дослідження емісії CO₂, визначення вмісту позаклітинних фітогормонів); спектрофотометричний – визначення вмісту хлорофілів у рослинах; хімічні – для визначення вмісту аскорбінової кислоти, нітратів, вуглецю та азоту; біохімічні (активність екзоглюконази, ендоглюконази, β -глюкозидази); світлової мікроскопії; математичної статистики – для аналізу і оцінки достовірності отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. Досліджено особливості розвитку мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду за різного вуглецево-азотного співвідношення.

Вперше:

- визначено перспективні, з точки зору інтродукції представників окремих фізіолого-трофічних груп мікроорганізмів до субстрату, стадії sukcesій мікроорганізмів при компостуванні;
- встановлено можливість забезпечення керованого процесу компостування курячого посліду за дотримання термінів інтродукції до субстрату активних штамів целюлозолітичних мікроорганізмів;
- селекціоновано активну целюлозолітичну асоціацію *Trichoderma harzianum* Rifai 128 (до складу якої входять штами *T. harzianum* 128/1 і *T. harzianum* 128/2), її інтродукція до компостованого субстрату на основі курячого посліду сприяє активній мінералізації органічної речовини, скороченню термінів компостування, накопиченню в компості фізіологічно активних рістстимулювальних речовин.

Практичне значення отриманих результатів. Для створення біоорганічного добрива розроблено ефективну технологію компостування органічної речовини (пташиного посліду) за інтродукції агрономічно корисних мікроорганізмів. Використання експериментального біоорганічного добрива в технології вирощування картоплі забезпечує оптимізацію продукційного процесу культури, позитивно впливає на рівень урожайності і якість продукції.

Технологію компостування субстрату на основі курячого посліду за інтродукції асоціації *T. harzianum* 128 та ефективність експериментального біоорганічного добрива перевірено у виробничих дослідах, проведених на базі ТОВ «Агрофірма КОЛОС» (с. Пустоварівка, Сквирський р-н, Київська обл.), що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота виконана автором особисто в лабораторії ґрунтової мікробіології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Автором самостійно проаналізовано наукову літературу з тематики досліджень, проведено польові і лабораторні дослідження, узагальнено отримані експериментальні дані, проведено їх статистичну обробку та порівняльний аналіз із літературними даними, а також підготовку матеріалів до публікації.

Планування роботи, аналіз результатів та формулювання основних положень і висновків дисертації здобувачем проведено під керівництвом наукового керівника роботи, д. с.-г. н., проф., члена-кореспондента НААН В.В. Волкогона, за що автор висловлює особливу подяку.

Автор вдячний провідному інженеру Л.Т. Наконечній за допомогу в ідентифікації грибів роду *Trichoderma* Pers., к.вет.н., с.н.с. Н.О. Кравченко за допомогу у визначенні вірулентності споро-міцеліальних сумішей грибів, к.б.н. Н.О. Леонівій за допомогу у визначенні активності продукування мікроорганізмами позаклітинних фітогормонів, к.е.н. Ю.М. Халепу за надані консультації при розрахунках економічної та енергетичної ефективності застосування отриманих біодобрив у технології вирощування картоплі.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації були представлені на ІХ науковій конференції молодих вчених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2013 р.); Х Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів "Молодь і поступ біології" (м. Львів, 2014 р.); ІV Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених "Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва" (м. Тернопіль, 2014 р.); Х науковій конференції молодих вчених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2014 р.); International Scientific and Practical Internet Conference "Microbiological aspects of optimizing the production process of cultured crops" (Chernihiv, 2015); ХІ науковій конференції молодих вчених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2016 р.); всеукраїнській науково-практичній конференції "Рослинний світ України: теоретичні і прикладні аспекти вивчення і освоєння у виробництві основних і малопоширених видів"(с. Крути, 2016 р.); міжнародній конференції, присвяченій 150 річчю від дня народження професора С.Л. Франкфурта (м. Київ, 2016 р.); ХV з'їзді товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (м. Одеса, 2017 р.); ХІІ науковій конференції молодих вчених "Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві" (м. Чернігів, 2017 р.); ХІV міжнародной научно – практической конференции daRostim "Биологически активные препараты для растениеводства" (г. Минск, 2018 г.); ХІ з'їзді ґрунтознавців та агрохіміків України (м. Харків, 2018 р.); на звітних сесіях Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (2013 – 2016 рр.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 20 робіт, серед яких 4 статті у фахових наукових виданнях України, у тому числі 3 у виданнях, що входять до наукометричних баз даних, 2 патенти України на винахід, 13 тез доповідей у збірках матеріалів всеукраїнських і міжнародних конференцій, практичні рекомендації.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 219 сторінках друкованого тексту (з них 153 сторінок основного тексту) і складається із вступу, 8 розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаної літератури. Робота ілюстрована 30 таблицями, 22 рисунками і 11 додатками. Список літератури налічує 336 джерел, з яких 143 латиницею.

ОСНОВИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

У розділі розглянуто перспективи використання компостів в аграрному виробництві, особливості й характеристики сучасних технологій компостування органічної речовини. Показано важливість мікробіологічних аспектів процесу компостування, як вирішального фактора для отримання компостів високої якості. Розглянуто існуючі технології компостування органічної речовини за використання агрономічно цінних мікроорганізмів.

На основі оцінки даних літератури обґрунтовано актуальність обраної тематики досліджень, окреслено основні напрями та завдання дисертаційної роботи.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводили впродовж 2013–2018 рр. у лабораторії ґрунтової мікробіології Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, а також у відділі фізіології і систематики мікроміцетів і відділі загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

При вивченні мікробіологічних особливостей компостування органічної речовини в динаміці досліджували зміни в чисельності представників окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів: амоніфікувальних бактерій, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми азоту, мікроміцетів, мікроорганізмів, що розчиняють важкодоступні сполуки фосфору (Звягинцев, 1980; Теппер с соавт., 1987; Волкогон із співавт., 2010). Облік чисельності азотфіксувальних бактерій проводили методом граничних розведень на напіврідкому середовищі Ешбі за використання ацетиленового тесту (Калининская с соавт., 1981). Кількість целюлозоруйнівних бактерій досліджували на рідкому середовищі Імшенецького та Солнцевої (Звягинцев, 1980). Облік чисельності денітрифікувальних мікроорганізмів здійснювали на рідкому середовищі Гільтая за використання реактиву Грісса (Теппер с соавт., 2005).

Загальну біологічну активність у компостованих субстратах визначали газохроматографічно за продукуванням CO₂ (Волкогон із співавт., 2010).

Вміст вуглецю та азоту в компостах вивчали в динаміці методом Анстена в модифікації Пономарьової і Ніколаєвої (Городній із співавт., 2005).

Для визначення ефективності розкладання целюлозовмісних субстратів мікроміцети культивували в колбах упродовж 21 доби за температури 26°C на рідкому середовищі Чапека-Докса (Билай, 1982). Як єдине джерело вуглецевого живлення використовували пшеничну солому або фільтрувальний папір (1 % від об'єму середовища культивування). Після культивування залишки целюлозовмісного субстрату відділяли від культуральної рідини, висушували до постійної маси та розраховували відсоток їх деструкції (Жданова із співавт., 2008). Як контроль при відборі активних целюлозоруйнівних ізолятів мікроміцетів використовували відомий штам – *Trichoderma harzianum* F-2455 (наданий Депозитарієм мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України).

Целюлозолітичну активність грибів визначали в їх культуральному середовищі за активністю ферментів целюлазного комплексу (Билай, 1982).

Ідентифікацію ізольованих грибів роду *Trichoderma* проводили, визначаючи морфолого-культуральні та фізіолого-біохімічні ознаки, що характерні для зазначеного роду (Александрова із співавт., 2006).

Фітотоксичність селекціонованої асоціації мікроміцетів *Trichoderma harzianum* 128 визначали біопробою на паростках кукурудзи за Берестецьким (Билай, 1982).

Визначення вмісту позаклітинних фітогормонів (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів і абсцизової кислоти), що продукуються *T. harzianum* 128, здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії з використанням хроматографа Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) (Методические рекомендации по определению фитогормонов, 1988; Lee et. al., 1998). Як позитивний контроль

використовували штам *Trichoderma viride* Pers F100001 (біологічний агент біопрепарату Триходермін), наданий Депозитарієм мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України.

Біотести для виявлення фітогормонів в отриманих компостах (ауксинів, цитокинінів і гіберелінів) проводили згідно методичних вказівок (Плотникова, 1977; Методические рекомендации по определению фитогормонов, 1988).

З метою з'ясування можливої патогенності асоціації *T. harzianum*128 для теплокровних тварин досліджували один із показників патогенності – вірулентність культури мікроорганізму на моделі білих мишей згідно існуючих положень і рекомендацій. Усі досліди на тваринах проводили з урахуванням «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», схвалених на Національному конгресі з біоетики (Денисенко, 2013) із дотриманням міжнародних вимог Європейської конвенції «Про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Хендель, 2013).

Антагоністичні властивості грибів вивчали методом зустрічних культур (Симонян с соавт., 1982). Для порівняння досліджували активність виробничого штаму *T. viride* F100001.

Особливості сукцесії мікроорганізмів у ході компостування курячого посліду вивчали у модельних дослідах за використання пластикових контейнерів, куди поміщали по 5 кг курячого посліду вологістю 60 – 70%. З метою оптимізації співвідношення С : N на рівні 20 : 1 у відповідності до варіантів дослідів до посліду додавали подрібнену солому у кількості 0,7 кг і торфу – 1,9 кг (суміш № 1) або лише торфу – 2,4 кг (суміш № 2). Повторність дослідів – чотириохкратна.

Дослідження впливу *T. harzianum* 128 на перебіг мікробіологічних процесів проводили за вищеописаних умов. Суспензію асоціації мікроміцетів отримували шляхом вирощування мікроміцетів у пробірках на скошеному сусло-агарі з подальшим змиванням водою. Отримана суспензія мала концентрацію клітин $6,4 \times 10^6$ КУО/мл (в перерахунку це становило 128 тис. КУО/г сухого субстрату).

Схема дослідів з компостування органічних субстратів на основі курячого посліду включала наступні варіанти: 1. Контроль (курячий послід) із співвідношенням С:N=9,6:1; 2. Компостна суміш №1 (курячий послід з соломою і торфом) із співвідношенням С:N=20:1; 3. Компостна суміш №2 (курячий послід з торфом) із співвідношенням С:N=20:1.

Схема дослідів з компостування органічних субстратів на основі курячого посліду за інтродукції агрономічноцінних мікроорганізмів включала наступні варіанти: 1. Контроль (компостна суміш №1 без внесення селекціонованих мікроорганізмів); 2. Інтродукція до компостної суміші №1 *T. harzianum*128 у 1-й місяць компостування; 3. Те саме на 2-й місяць компостування; 4. Те саме на 3-й місяць компостування; 5. Те саме на 4-й місяць компостування.

Схема дослідів з компостування органічних субстратів для визначення технологічних параметрів компостування за впливу *T. harzianum* 128 включала наступні варіанти: 1. Компостна суміш №1 без внесення мікроорганізмів (контроль); 2. Інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до компостної суміші №1 на 2-й місяць компостування.

Виробничий дослід з визначення ефективності компостування субстрату на основі курячого посліду за інтродукції асоціації *T. harzianum* 128 проводили у ТОВ «Агрофірма КОЛОС» (Київська обл., Сквирський р-н).

Ефективність різних доз експериментального біокомпосту при вирощуванні картоплі сорту Беллароза перевіряли в умовах польового дрібноділянкового досліді на дерново-середньоопідзоленому пилювато-супіщаному окультуреному ґрунті Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (вміст гумусу – 1,02 %; легкогідролізованого азоту (за Тюрнім і Коновою) – 57,0 – 58,0 мг; рухомих форм фосфору (за Кірсановим) – 330,0 мг P_2O_5 /кг; обмінного калію (за Кірсановим) – 148 мг K_2O на 1 кг ґрунту; $pH_{сол.}$ – 6,2). Агрофоном для всіх варіантів було внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Попередник – вико-вівсяна сумішка, площа дослідної ділянки 9 м², повторність дослідів чотирьохкратна.

Схема досліді передбачала наступні варіанти: 1. Контроль; 2. Компост з *T. harzianum* 128, 1 гранула/рослину; 3. Те саме, 3 гранули/рослину; 4. Те саме, 5 гранул/рослину; 5. Те саме, 7 гранул/рослину; 6. Те саме, 10 гранул/рослину; 7. Те саме, 15 гранул/рослину; 8. Те саме, 20 гранул/рослину. Маса однієї гранули складала 0,5 г.

Схема польових дослідів з впливу експериментальних біокомпостів на продукційний процес картоплі (2015 – 2017 рр.) передбачала такі варіанти: 1. Контроль; 2. Курячий послід, 10 гранул/рослину; 3. Компост без *T. harzianum*, 10 гранул/рослину; 4. Компост з *T. harzianum* 128, 10 гранул/рослину.

Біометричні показники рослин визначали вимірювально-ваговим методом, площу листкової поверхні обліковували методом висічок (Моисейченко, 1996; Ермантраут, 2008).

Вміст хлорофілів *a* і *b* визначали спектрофотометрично (Гродзинский с соавт., 1973).

Вміст крохмалю у бульбах картоплі визначали за методом Еверса (Методические указания по определению качества растительной продукции для зональных агрохимических лабораторий, 1975). Вміст аскорбінової кислоти визначали методом, що базується на редуруючих властивостях вітаміну С (Ермаков, 1972).

Вміст нітратів у бульбах визначали потенціометричним методом (Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства, 1989).

Економічну та біоенергетичну ефективність отриманих біодобрив при вирощуванні картоплі проводили за існуючими методичними підходами (Трибель, 2001, Тараріко, 2001). Технологічні операції, нормативи витрат ресурсів і алгоритм калькуляції собівартості продукції визначали за методиками ННЦ «Інститут аграрної економіки» (Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві: теорія, методологія, практика, 2008). Ціни на ресурси і сільськогосподарську продукцію середньорівневі на 2018 рік (Статистичний бюлетень, 2018).

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою дисперсійного аналізу, а також за використання комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel

2003 – 2007). Для оцінки достовірності відмінностей між варіантами дослідів вираховували найменшу істотну різницю (HP_{05}).

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ МІКРООРГАНІЗМІВ ПРИ КОМПОСТУВАННІ СУБСТРАТІВ НА ОСНОВІ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

Відомо, що для оптимального перебігу процесів мінералізації-синтезу органічної речовини важливе значення має вуглецево-азотний баланс (співвідношення C : N) у компостованому субстраті. Оптимальним вважається співвідношення 20-30:1 (Waksman, 1952; Берестецкий с соав., 1984). Виходячи з цього, насамперед, нами з'ясовано особливості компостування курячого посліду з різним співвідношенням C : N. Експериментальним шляхом обґрунтовано необхідність включення до курячого посліду при компостуванні соломи і торфу; при цьому, крім оптимізації вуглецево-азотного співвідношення, досягаються оптимальні показники консистенції та однорідності субстрату. Важливим є також і підсилення інтенсивності поглинання низки поживних речовин за використання зазначених компонентів суміші.

Дослідження особливостей компостування субстрату на основі пташиного посліду та облік чисельності представників різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів свідчать про поступове розкладання складних органічних сполук одними мікроорганізмами та створення джерел живлення для інших. Інтенсивніше мікробіологічні процеси протікали у варіанті дослідів, де оптимізація співвідношення C : N у субстраті здійснювалася за рахунок додавання соломи та торфу, що забезпечило не лише достатню кількість необхідного джерела вуглецю для розвитку мікробіоти, а й дозволило зберегти оптимальне співвідношення вуглецю до азоту протягом усього періоду компостування (близько 20 : 1).

Результати досліджень свідчать, що початкові стадії компостування характеризуються динамічними процесами трансформації сполук азоту. Азот у субстратах значною мірою знаходиться в легкодоступних формах, що дозволяє мікроорганізмам використовувати його без залучення енергетично високотратних процесів. Це підтверджується особливостями розвитку протеолітичних бактерій.

Розвиток амоніфікаторів відрізняється двома періодами активізації. У контрольному варіанті (без оптимізації співвідношення C : N) спостерігали незначне зростання чисельності протеолітичних мікроорганізмів на початкових стадіях (1-й місяць) з подальшим зниженням показників та деяким відновленням, починаючи з шостого місяця компостування. В умовах оптимізованого за співвідношенням «вуглець : азот» субстрату відмічається значно активніший розвиток представників досліджуваної групи мікроорганізмів у перші місяці – чисельність бактерій перевищувала контрольні показники у 2–5 разів. Другий період активізації розвитку чисельності протеолітичних бактерій (що обумовлено деструкцією складних органічних сполук) також наставав значно раніше, ніж у контрольному варіанті – вже через три місяці, що свідчить про інтенсифікацію мінералізаційних процесів. Починаючи з п'ятого місяця компостування, спостерігається затухання цих процесів, тоді як у контролі мінералізація лише розпочинається.

Чисельність бактерій, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, зростає після періодів активного розвитку амоніфікаторів, що є цілком логічним,

адже внаслідок мінералізації органічних речовин з'являється неорганічний азот, який використовують ці мікроорганізми.

Оптимізація субстрату за вуглецево-азотним співвідношенням сприяла зменшенню чисельності денітрифікаторів. Безперечно, це обумовлено можливістю іммобілізації сполук азоту за надходження до субстрату додаткової кількості вуглецю.

Зростання чисельності азотфіксаторів відмічається лише наприкінці процесу компостування. Очевидно, наявність у компостованому субстраті мінеральних азотних сполук (які перманентно вивільняються в ході деструкції органічних сполук) не сприяє розвитку діазотрофів, і лише після затухання процесів трансформації сполук азоту (коли новоутворені мінеральні сполуки азоту залучаються до синтезу нових органічних речовин, у т.ч. іммобілізуються мікроорганізмами) з'являються відповідні умови для формування популяцій азотфіксаторів і для власне перебігу процесу азотфіксації.

Облік чисельності фосфатмобілізівних мікроорганізмів свідчить про низьку їх кількість у субстратах, що свідчить про відсутність відповідних умов для їх розвитку.

Чисельність целюлозолітичних бактерій у посліді (без оптимізації С : N) протягом тривалого часу (190 діб) залишається стабільно низькою і починає зростати лише після шестимісячного терміну компостування. Натомість, у сумішах з оптимізованим співвідношенням вуглецю до азоту (С : N=20 : 1) протягом 2-х перших місяців компостування відмічається зростання їх кількості. Надалі спостерігається зниження їх чисельності до початкового вмісту.

Особливості розвитку мікроміцетів полягають у поступовому збільшенні їх чисельності впродовж перших трьох місяців компостування і найактивнішому – у четвертий–п'ятий місяці (рис. 1). Слід зауважити, що найвища чисельність мікроміцетів спостерігається в оптимізованому субстраті (суміші посліду з соломою і торфом) – до 8649 тис. КУО/г сухого компосту.

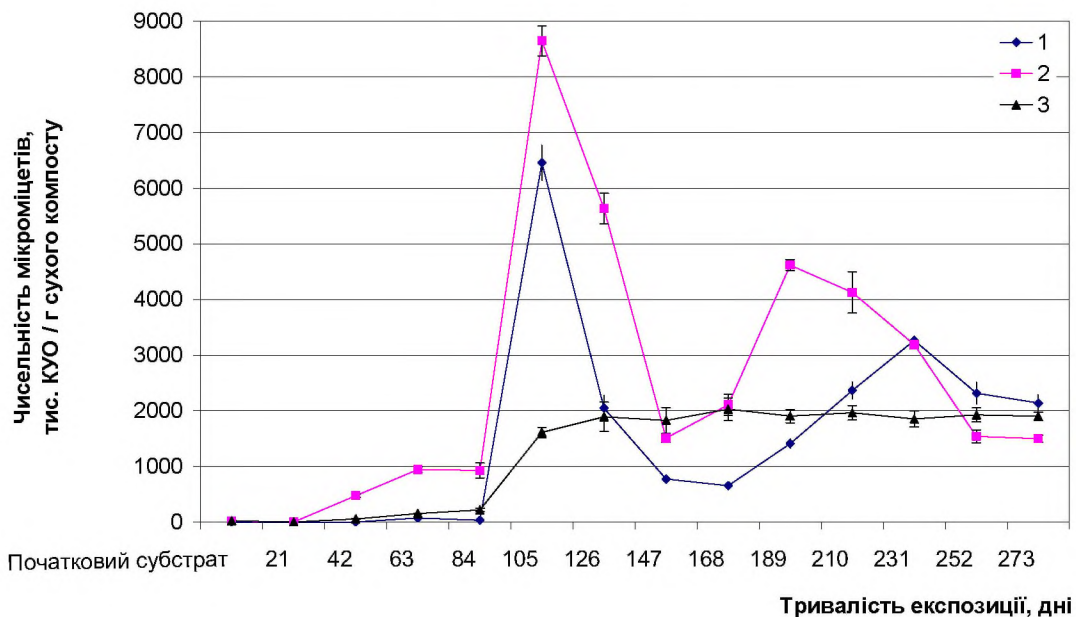


Рис. 1. Вплив співвідношення С:N у компості на розвиток мікроміцетів у компостованих субстратах

Особливості розвитку мікробіоти у компостованих субстратах підтверджуються результатами визначення загальної біологічної активності. Так, найвищі показники інтенсивності емісії CO₂ спостерігаються протягом 3–4 і 6–7 місяців компостування. Отримані дані корелюють з періодами активного розвитку амоніфікувальних бактерій, мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні форми азоту, целюлозолітичних мікроорганізмів, і в т. ч. мікроміцетів.

На кінцевому етапі компостування у всіх варіантах досліджується зменшення чисельності представників усіх досліджуваних груп мікроорганізмів і зниження інтенсивності процесів біологічної денітрифікації та емісії CO₂, що є свідченням настання стадії затухання процесу компостування.

Таким чином, оптимізація співвідношення C: N за внесення до курячого посліду соломи та/або торфу забезпечує оптимальні умови для розвитку мікробіоти та проходження мінералізаційних процесів у компостованих субстратах.

Слід звернути особливу увагу на сукцесійні зміни в угрупованнях мікроорганізмів у ході компостування органічної речовини, які свідчать, що у певні періоди складаються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів тієї чи іншої еколого-трофічної групи. Це наводить на думку, що використання певних мікроорганізмів для активізації процесу компостування курячого посліду слід узгоджувати із закономірностями сукцесійних змін. На нашу думку, для забезпечення оптимальних умов інтродукції, підібраний для цього мікроорганізм потрібно вносити до компостованого субстрату перед фазою активного розвитку відповідної еколого-трофічної групи. Так, оптимальними періодами для інтродукції амоніфікаторів до компостованих субстратів на основі курячого посліду є перший місяць компостування, азотфіксувальних мікроорганізмів – шостий, мікроміцетів – період упродовж першого – другого місяців компостування. Інтродукція відповідних представників мікробіоти у ці періоди дасть змогу збагатити компости корисними мікроорганізмами.

СЕЛЕКЦІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ, ЗДАТНИХ ДО АКТИВНОЇ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ І РОЗВИТКУ В КОМПЕСТОВАНИХ СУБСТРАТАХ

Як відомо, одними з найактивніших мікроорганізмів, здатних здійснювати інтенсивну мінералізацію рослинних решток та інших органічних матеріалів, є представники роду *Trichoderma* (Терещенко с соавт., 2010; Brij et. al., 2012; Prabhakaran et. al., 2014), крім того, окремі представники цього роду є активними антагоністами фітопатогенів, вони також здатні продукувати речовини фітогормональної природи, за впливу яких покращується ріст і розвиток рослин (Голованова с соавт., 2008; Копилов із співавт., 2018). У зв'язку з цим основна увага в подальших дослідженнях була зосереджена на пошуку активних штамів триходерми.

У ході досліджень виділено 150 ізолятів – представників роду *Trichoderma*. Серед отриманих ізолятів за здатністю активно руйнувати целюлозовмісні субстрати (фільтрувальний папір та солома) у порівнянні з відомим штамом *T. harzianum* F-2455 відібрано 11. Найбільшою активністю серед досліджених мікроміцетів володіє ізолят *Trichoderma sp.* 128. Проведення подальших досліджень із зазначеним

ізолятом показало, що це асоціація двох штамів мікроміцетів, які ідентифіковано як *Trichoderma harzianum* 128/1 і *T. harzianum* 128/2). За окремого використання штами проявляли меншу деструктивну здатність (табл. 1).

Для глибшого розкриття механізму деструкції рослинних решток асоціацією грибів *T. harzianum* 128 нами в динаміці досліджено продукування ферментів целюлазного комплексу. Отримані результати свідчать, що асоціація грибів *T. harzianum* 128 здатна до синтезу низки целюлозолітичних ферментів. Варто відмітити синергічну взаємодію штамів, що входять до складу асоціації.

Таблиця 1

Інтенсивність розкладання фільтрувального паперу та пшеничної соломи упродовж 21 доби на рідкому середовищі Чапека-Докса за участі асоціації *T. harzianum* 128 та її компонентів

Варіанти досліджу	Розкладання соломи, %	Розкладання фільтрувального паперу, %
Асоціація <i>T. harzianum</i> 128 (<i>T. harzianum</i> 128/1 + <i>T. harzianum</i> 128/2)	20	25
<i>T. harzianum</i> 128/1	15	19
<i>T. harzianum</i> 128/2	13	14

Як свідчать одержані результати, найвищі показники екзоглюканазної активності спостерігаються на 14 добу при культивуванні мікроміцетів як за використання фільтрувального паперу, так і пшеничної соломи, і складають для *T. harzianum* F-2455 (позитивний контроль) – 0,122 та 0,041 IU/ml, для асоціації *T. harzianum* 128 – 0,213 та 0,194 IU/ml, у т.ч. для *T. harzianum* 128/1 – 0,163 та 0,152 IU/ml, для *T. harzianum* 128/2 – 0,090 та 0,072 IU/ml відповідно.

За культивування грибів у середовищі з фільтрувальним папером найвищу ендоглюканазну активність відмічали на 10 добу – відповідно, показники становили: для *T. harzianum* F-2455 – 0,184 IU/ml, для асоціації *T. harzianum* 128 – 0,331 IU/ml, для *T. harzianum* 128/1 – 0,282 IU/ml, для *T. harzianum* 128/2 – 0,194 IU/ml.

Максимум ендоглюканазної активності за використання пшеничної соломи, як єдиного джерела вуглецю, спостерігали на 14 добу: для *T. harzianum* F-2455 – 0,174 IU/ml, для асоціації *T. harzianum* 128 – 0,250 IU/ml, для *T. harzianum* 128/1 – 0,213 IU/ml, для *T. harzianum* 128/2 – 0,172 IU/ml.

На відміну від ендо- і екзоглюканазної активності, β -глюкозидазна активність досліджуваних мікроміцетів була вищою за їх культивування на середовищі з пшеничною соломою, ніж на середовищі з фільтрувальним папером. Максимальні значення активності спостерігали на 14 добу: для *T. harzianum* F-2455 – 0,070 та 0,094 IU/ml, для асоціації *T. harzianum* 128 – 0,182 та 0,291 IU/ml, для *T. harzianum* 128/1 – 0,173 та 0,250 IU/ml, для *T. harzianum* 128/2 – 0,133 та 0,154 IU/ml відповідно.

Важливим при дослідженні особливостей агрономічно цінних мікроорганізмів є відсутність їх патогенності. Згідно отриманих нами результатів та відповідних

нормативних документів штами грибів *T. harzianum* 128/1 та *T. harzianum* 128/2 належать до групи авірулентних мікроорганізмів, не здатних до інвазії у внутрішні органи досліджених теплокровних тварин (LD_{50} в/ч $\geq 1 \times 10^8$ КУО/мишу, LD_{50} per os $> 1 \times 10^8$ КУО/мишу). За отриманими даними щодо відсутності вірулентності (без урахування рівнів токсичності, токсигенності, алергенності, дисбіотичної дії) штами *T. harzianum* 128/1 та *T. harzianum* 128/2 можуть вважатися непатогенними.

Наші дослідження свідчать про відсутність фітотоксичності асоціації грибів *T. harzianum* 128. Більше того, встановлено здатність асоціації грибів *T. harzianum* 128 до синтезу позаклітинних фітогормонів (табл. 2). Фітогормони, що продукує асоціація *T. harzianum* 128, можуть позитивно впливати на ріст і розвиток рослин, відігравати захисну роль за несприятливих умов навколишнього середовища.

Таблиця 2

Вміст фітогормонів у культуральній рідині асоціації грибів *T. harzianum* 128

Фітогормональна сполука	мкг/г сухої біомаси
Індол-3-оцтова кислота	0,89
Індол-3-оцтової кислоти гідрозиду	16,3
Індол-3-карбоксілова кислота	0,63
Індол-3-карбінол	0,51
Абсцизова кислота	5,30
Зеатин	0,88
Ізопентеніл-аденін	5,60
Гіберелова кислота (ГК ₃)	0,34
Гіберелова кислота (ГК ₄)	0,23

Надзвичайно бажаним, крім вищеописаних позитивів, є отримання компостів, які характеризуються інтенсивним накопиченням мікроорганізмів з антагоністичними властивостями. Спектр застосування таких компостів у сільськогосподарському виробництві може бути суттєво розширеним.

Одержані результати свідчать про високу антагоністичну активність асоціації *T. harzianum* 128 до *N. oryzae* 3000, *F. oxysporum* та до *F. culmorum* 50716, що є важливою передумовою створення технологій компостування органічної речовини з метою отримання компостів, які, крім належних агрохімічних характеристик, володітимуть комплексом цінних властивостей, у т.ч. й антагоністичною активністю.

Дослідження особливостей розвитку інтродукованої до компостованого субстрату (з урахуванням сукцесійних змін в угрупованнях мікроорганізмів у субстраті, про що йшла мова вище) асоціації мікроміцетів *T. harzianum* 128 дозволило встановити параметри розвитку інтродукованих грибів. Чисельність інтродукованої асоціації значно зростає під час компостування, що свідчить про приживаність грибів у компостованому субстраті. Оптимальною є інтродукція мікроміцетів на другий місяць компостування (рис. 2).

Здатність асоціації *T. harzianum* 128 до продукування фітогормонів може свідчити про можливість збагачення компостованого субстрату на фітогормони, що позитивно впливатиме на якість готового компосту, тому виникла необхідність у визначенні їх вмісту в експериментальному компості. З цією метою проводили біотести на визначення вмісту ауксинів, цитокінінів і гіберелінів.

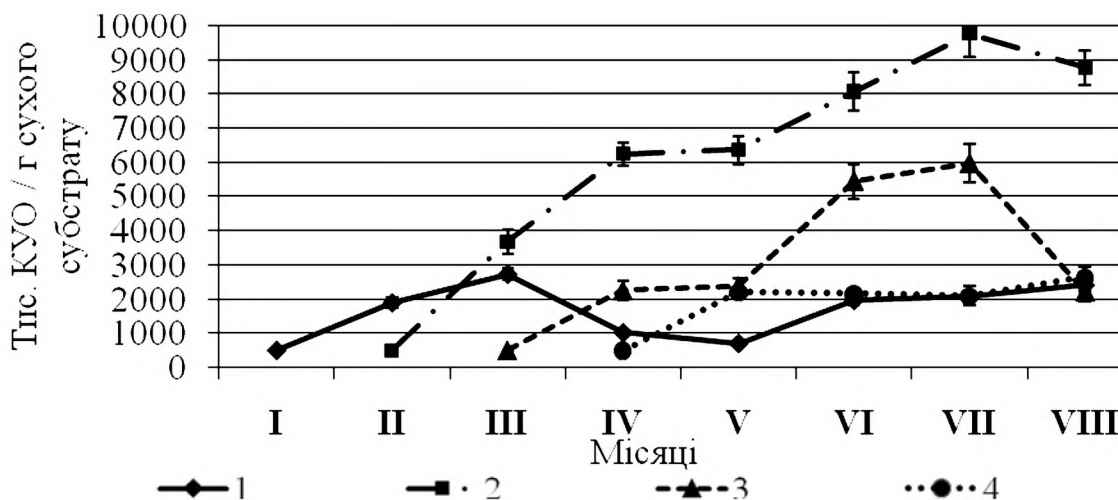


Рис. 2. Розвиток *T. harzianum* 128 у компостованій суміші за різних строків інтродукції: 1 – у перший місяць; 2 – у другий місяць; 3 – у третій місяць; 4 – у четвертий місяць.

Отримані результати демонструють наявність у компості, отриманому за впливу селекціонованої асоціації *T. harzianum* 128, значної кількості ауксинів і цитокінінів. За обробки колеоптилів пшениці екстрактом біокомпосту, розбавленим у 16 раз (ауксиновий тест), спостерігається приріст їх довжини на 27 % відносно контролю (обробка водою), за використання сім'ядолей огірка (цитокініновий тест) отримано приріст маси сім'ядолей на 120 %. Результати гіберелінового біотесту на мезокотиллях кукурудзи показали, що гібереліни у компості присутні в незначних кількостях. Отже, компост, отриманий за інтродукції до субстрату асоціації *T. harzianum* 128, характеризується високим вмістом фітогормонів ауксинового та цитокінінового класів. Варто відмітити, що компост, отриманий без інтродукції асоціації грибів *T. harzianum* 128, проявляв суттєво нижчу фітогормональну активність.

Вищезазначені властивості асоціації *T. harzianum* 128 та особливості розвитку грибів у субстраті на основі курячого посліду дозволяють розробляти технології керованого компостування органічної речовини.

ТЕХНОЛОГІЯ БІОКОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

Для розробки технології компостування субстрату на основі курячого посліду за участі *T. harzianum* 128 нами визначено оптимальну кількість всіх складових компосту для забезпечення максимальної інтенсифікації процесу компостування. Також визначено тривалість компостування.

У ході досліджень обґрунтовано наступний склад компонентів: послід – 65%; торф – 25 %; солома – 10 %; суспензія грибів *T. harzianum* 128 – 120-130 млн КУО/кг субстрату.

Максимальний розвиток інтродуцента спостерігається при внесенні асоціації *T. harzianum* 128 на 2-й місяць компостування і сягає наприкінці компостування чисельності на рівні 9 млн КУО/г сухого компосту.

Асоціація *T. harzianum* 128 активно впливає на швидкість мінералізації органічних речовин, що входять до складу компосту. Встановлено, що внаслідок її застосування відбувається максимальне розкладання органічного субстрату. Результати щомісячного визначення інтенсивності мінералізації соломи у компостованому субстраті свідчать, що починаючи з третього місяця компостування (часу, коли інтенсивно розвиваються інтродуковані мікроорганізми), у компостованому з асоціацією *T. harzianum* 128 субстраті інтенсивність розкладу соломи значно (у 1,8-2,5 раза) перевищує контрольні показники. Окреме застосування компонентів асоціації також сприяє інтенсифікації процесу мінералізації органічного субстрату, проте в меншій мірі, ніж за використання асоціації. Наприкінці 7-го місяця компостування субстрат з інтродукованою асоціацією грибів характеризується розкладом органічної речовини на рівні 98,1%. В інших варіантах, і особливо контрольному, мінералізація соломи на цей час не завершується.

Інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до компостованого субстрату сприяє акумулюванню вуглецю та азоту в компості, що підвищує його цінність.

Результати виробничого дослідження свідчать, що застосування асоціації *T. harzianum* 128 у технології компостування курячого посліду сприяє покращенню агрохімічних та мікробіологічних показників отриманого компосту. Так, у порівнянні з контрольним варіантом втрати вуглецю зменшились на 4,4 %, азоту – на 0,3 %. Варто також відмітити значний розвиток інтродуцента. Чисельність інтродукованих грибів зросла із 135 тис. КУО/г сухого компосту до 8150 тис. КУО/г сухого компосту.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО БІООРГАНІЧНОГО ДОБРИВА ПРИ ВИРОЩУВАННІ КАРТОПЛІ

Як показали вище описані дослідження, експериментальні компости, одержані за впливу активної асоціації *T. harzianum* 128, містять високі концентрації речовин рiстстимулювальної дії. Оцінка експериментального компосту як потужного джерела фізіологічно активних речовин обумовлює особливі підходи до принципів його застосування у виробництві. Встановлено, що найдоцільнішим є застосування компосту локально (для зручності – у гранулах) у дозі 10 гранул/рослину.

Ефективність експериментального добрива перевіряли протягом трьох років у польових дослідках з картоплею в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, а також у досліді на базі ТОВ «Агрофірма КОЛОС» (Київська обл., Сквирський р-н). Отримані дані демонструють найвищий приріст урожайності картоплі при застосуванні компосту, отриманого за впливу *T. harzianum* 128. Так, приріст урожаю картоплі у середньому за три роки склав 31,6 % у порівнянні з контролем (табл. 3).

Вплив біоорганічного добрива на урожайність картоплі
(польові дослід, 2015 – 2017 рр.)

Варіанти дослід	Урожайність, т / га				Приріст до контролю, %
	2015 р.	2016 р.	2017 р.	середнє за три роки	
Без добрив, контроль	16,7	17,4	19,1	17,7	–
Курячий послід, 10 гранул	18,1	18,8	20,0	18,9	6,7
Компост, отриманий без інтродукції мікроорганізмів, 10 гранул	19,8	20,5	22,7	21,0	18,6
Компост з <i>T. harzianum</i> 128, 10 гранул	24,1	21,9	24,0	23,3	31,6
НІР ₀₅	1,04	1,08	1,15		

Встановлено, що вплив експериментального компосту на ріст і розвиток рослин картоплі проявлявся у збільшенні площі асиміляційної поверхні та вмісту хлорофілу у листках рослин. Так, за використання нового біодобрива, спостерігали збільшення вмісту суми хлорофілів *a* і *b* на 45%, а площі асиміляційної поверхні на 39,3 % у порівнянні із контролем. Прискорений ріст і розвиток рослин картоплі можна пояснити дією рістстимулювальних речовин, накопичених у компості.

Застосування компосту, отриманого за впливу *T. harzianum* 128, у технології вирощування картоплі сприяє покращенню якості продукції, зокрема підвищенню вмісту крохмалю та аскорбінової кислоти у бульбах картоплі. Покращується перебіг окремих біохімічних процесів. Так, зокрема, відмічено зниження вмісту нітратів в отриманій продукції, що може свідчити про активізацію діяльності азотасиміляторних ферментів рослин, унаслідок чого нітрати залучаються до метаболічних процесів рослин.

**ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ
ОТРИМАНОГО БІООРГАНІЧНОГО ДОБРИВА ПРИ ВИРОЩУВАННІ
КАРТОПЛІ**

Економічну ефективність застосування компостів, виготовлених за різних варіантів приготування, в технологіях вирощування картоплі визначено на основі результатів дослідження їх впливу на урожайність, наведених у попередніх розділах, та додаткових витрат на її досягнення.

При порівнянні економічної ефективності застосування компостів, отриманих за різних варіантів їх приготування, слід відзначити значні переваги компосту з *T. harzianum* 128 над показниками у контролі. Так, при підвищенні урожайності картоплі на 31,6 % витрати з розрахунку на 1 га зростають на 3,4 %, що в сукупності забезпечує зниження собівартості 1 т продукції на 20,4 %. За комплексного впливу зазначених факторів, у поєднанні з відповідним до росту урожайності збільшенням

виручки від реалізації картоплі, прибуток із розрахунку на 1 га зростає на 164,8 %, а рівень рентабельності виробництва – на 30,6 відсоткових пункти. У підсумку, окупність дослідженого способу удосконалення виробництва компосту становить 9,48 грн. прибутку на 1 грн. додаткових витрат.

За використання експериментального біоорганічного добрива досягається перевищення енергії отриманого урожаю над енергією затрачених антропогенних ресурсів. Так, коефіцієнти енергетичної ефективності (як загальний, так і основної продукції) зросли більше ніж у півтора рази у порівнянні з контрольним варіантом, а енергія додаткового урожаю перевищує енергетичні витрати на його отримання у 7,36 разів.

В цілому ж за результатами проведеного дослідження економічної та біоенергетичної ефективності вирощування картоплі при застосуванні компостів, виготовлених за різними технологіями приготування, слід підкреслити значний позитивний вплив застосування експериментального біоорганічного добрива на підвищення ефективності виробництва і в економічному, і в енергетичному аспектах, як у порівнянні із показниками контролю, так і в порівнянні з компостом отриманим без інтродукції асоціації грибів *T. harzianum* 128.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі досліджено особливості розвитку мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду. Селекціоновано активні целюлозоруйнівні мікроорганізми. Обґрунтовано можливість забезпечення керованого процесу компостування курячого посліду за інтродукції до субстрату активних штамів целюлозолітичних мікроорганізмів з урахуванням етапів сукцесійних змін у формуванні угруповань мікробіоти. У ході досліджень розроблено ефективну технологію біокомпостування курячого посліду. Отриманий компост характеризується покращеними агрохімічними характеристиками, високим вмістом агрономічно цінних мікроорганізмів та фізіологічно активних речовин.

1. Обґрунтовано норми застосування соломи і торфу при формуванні субстратів на основі курячого посліду з урахуванням необхідного співвідношення C : N на рівні 20 : 1, що забезпечує оптимальні умови для розвитку мікробіоти та проходження мінералізаційних процесів.

2. Сукцесійні особливості розвитку мікроорганізмів у компостованому субстраті на основі курячого посліду характеризуються початковим інтенсивним розвитком амоніфікаторів (протягом 1–2-го місяців), целюлозолітичних мікроорганізмів (протягом 2–3-го місяців), мікроорганізмів, що засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту (3–4-й місяці), діазотрофів (наприкінці компостування – 7–8-й місяці); особливістю розвитку мікроміцетів є два сприятливих періоди (2–4-й та 6–7-й місяці).

3. Інтродукцію активних штамів мікроорганізмів для оптимізації процесу компостування курячого посліду, залежно від їх функціональних особливостей, доцільно здійснювати відповідно до етапів їх активного розвитку в компостованій органічній речовині.

4. Селекціоновано активну целюлозолітичну асоціацію мікроміцетів *Trichoderma harzianum* 128. До складу асоціації входять два штами –

T. harzianum 128/1 і *T. harzianum* 128/2. Кожен із штамів володіє високою целюлозолітичною та рістстимулювальною активністю. Поєднання їх в асоціації забезпечує зростання ефективності. Селекціоновані мікроміцети не патогенні для теплокровних, не фітотоксичні, є активними продуцентами фітогормонів та антагоністами до окремих збудників захворювань сільськогосподарських культур.

5. Інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до суміші посліду з торфом і соломою є доцільною на другий місяць компостування; за цих умов максимальна чисельність інтродукованих мікроскопічних грибів на сьомий місяць компостування сягає 9,7 млн КУО/г сухого субстрату; на восьмий місяць їх кількість залишається достатньо високою (8,8 млн КУО/г сухого субстрату), цей час співпадає із завершенням процесу компостування органічної речовини.

6. Розроблено технологію біокомпостування органічної речовини на основі пташиного посліду за інтродукції *T. harzianum* 128. Запропоновані технологічні прийоми дозволяють зменшити терміни компостування, обмежити втрати поживних речовин і отримати ефективно, збагачене на агрономічно цінні мікроорганізми та сполуки рістстимулювальної дії біоорганічне добриво.

7. Використання експериментального біоорганічного добрива, отриманого за розробленого способу компостування курячого посліду, у технології вирощування картоплі сприяє оптимізації продукційного процесу культури і є дієвим засобом підвищення економічної та біоенергетичної ефективності виробництва. Прибуток із розрахунку на 1 га зростає на 164,8 %, рівень рентабельності виробництва – на 30,6 відсоткових пункти. Окупність удосконаленого способу виробництва компосту становить 9,48 грн. додаткового прибутку на 1 грн. додаткових витрат.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання ефективного біоорганічного добрива (з покращеними агрохімічними характеристиками, збагаченого агрономічно цінними мікроорганізмами та фізіологічно активними речовинами) пропонується технологія керованого компостування органічної речовини на основі пташиного посліду за участі селекціонованої асоціації грибів *Trichoderma harzianum* 128.

Використання експериментального біоорганічного добрива в технології вирощування картоплі забезпечує оптимізацію продукційного процесу культури, позитивно впливає на рівень урожайності і якість продукції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України та виданнях, що входять до наукометричних баз даних:

1. М'ягка М. В., Деркач С. М., Волкогон В. В., Луценко Н. В. Сукцесії мікроорганізмів у процесі компостування курячого посліду. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Вип. 20. С. 41–48. (Здобувачем закладено модельні дослідження з компостування, здійснено відбір зразків компосту, мікробіологічні посіви та визначення чисельності мікроорганізмів, написання статті).

2. Деркач С. М., Волкогон В. В., Наконечна Л. Т., Луценко Н. В., Штанько Н. П. Розвиток *Trichoderma harzianum* 128 на різних етапах компостування

кур'ячого посліду. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2015. Вип. 21. С. 3–7. (Здобувачем здійснено скринінг штамів мікроміцетів, мікробіологічні посіви та визначення чисельності мікроорганізмів, написання статті).

3. Волкогон В. В., Дімова С. Б., М'ягка М. В., **Деркач С. М.**, Луценко Н. В., Штанько Н. П., Центило Л. В. Біокомпостування пташиного посліду асоціацією грибів *Trichoderma harzianum* 128. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 11. С. 13–18. (Здобувачем закладено модельні дослідни з компостування, здійснено мікробіологічні посіви та визначення чисельності мікроорганізмів).

4. Волкогон В. В., **Деркач С. М.**, Дімова С. Б., М'ягка М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Наконечна Л. Т. Біокомпостування органічного субстрату на основі пташиного посліду за інтродукції асоціації грибів *Trichoderma harzianum* 128. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 108–115. (Здобувачем здійснено відбір зразків компосту, мікробіологічні посіви, написання статті).

Патенти:

1. Асоціація грибів *Trichoderma harzianum* для одержання біоорганічного добрива: пат. 114247 Україна. МПК С12N1/14, С12R1/885, С05F17/00, **С. М. Деркач**, В. В. Волкогон, С. Б. Дімова, Л. Т. Наконечна, Н. В. Луценко, Н. П. Штанько; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а 201511528; заявл. 23.11.2015; опубл. 10.05.2017, Бюл. № 9. (Здобувачем здійснено селекцію грибів роду *Trichoderma*, написання патенту).

2. Біоорганічне добриво: пат. 113809 Україна. МПК С05F15/00, С05F11/02, С05F11/08, С05F 17/00, С12R 1/885, В. В. Волкогон, **С. М. Деркач**, С. Б. Дімова, М. В. М'ягка, Л. Т. Наконечна, Н. В. Луценко; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а 201512845; заявл. 25.12.2015; опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5. (Здобувачем здійснено відбір зразків компосту, мікробіологічні посіви, визначено ефективність отриманого біоорганічного добрива, проведено аналіз результатів, написання патенту).

Тези доповідей та матеріали конференцій, з'їздів:

1. **Деркач С. М.**, Гаценко М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Волкогон В. В. Сукцесії мікробних угруповань при компостуванні кур'ячого посліду. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матеріали ІХ наук. конф. молодих вчених (м. Чернігів, 26–27 листопада 2013 р.). Чернігів, 2013. С. 7–8.

2. **Деркач С. М.**, Гаценко М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Волкогон В. В. Дослідження сукцесій мікроорганізмів при компостуванні кур'ячого посліду. Молодь і поступ біології : матеріали Х міжн. наук. конф. студентів та аспірантів (м. Львів, 8–11 квітня 2014 р.). Львів, 2014. С. 169–170.

3. **Деркач С. М.**, Гаценко М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти компостування пташиного посліду. Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва : матеріали ІV міжн. наук.-практ.

конф. молодих вчених (м. Тернопіль, 18–19 вересня 2014 р.). Тернопіль, 2014. С. 36–38.

4. **Деркач С. М.**, М'ягка М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Волкогон В. В. Інтродукція *Trichoderma sp.* 128 за компостування курячого посліду. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матеріали Х наук. конф. молодих вчених (м. Чернігів, 22–23 жовтня 2014 р.). Чернігів, 2014. С. 13–14.

5. **Derkach S. M.**, Nakonechna L. T., Dimova S. B., Lutsenko N. V., Shtanko N. P. *Trichoderma harzianum* 128 development at various stages of fowl manure composting. Microbiological aspects of optimizing the production process of cultured crops : proc. of the International Scientific and Practical Internet Conference (Chernihiv, June 16–18 2015). Chernihiv, 2015. P. 10–11.

6. **Деркач С. М.** Особливості біокомпостування органічної речовини на основі пташиного посліду за участі асоціації грибів *Trichoderma harzianum* 128. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матеріали XI наук. конф. молодих вчених (м. Чернігів, 5–6 жовтня 2016 р.). Чернігів, 2016. С. 18–20.

7. **Деркач С. М.**, Дімова С. Б., Луценко Н. В., М'ягка М. В. Біокомпостування органічної речовини на основі пташиного посліду як засіб збереження біоресурсів та навколишнього середовища. Рослинний світ України: теоретичні і прикладні аспекти вивчення і освоєння у виробництві основних і малопоширених видів (сільськогосподарські і біологічні науки) : матеріали всеукраїнської наук.-практ. конф. (с. Крути, 23–24 березня 2016 р.). Ніжин, 2016. С. 44–47.

8. **Деркач С. М.** Компостування органічної речовини за участі агрономічно цінних мікроорганізмів. Матеріали міжнародної конференції, присвяченої 150 річчю від дня народження видатного вченого агробіолога, одного із дієвих організаторів академічної науки в Україні – професора С. Л. Франкфурта (1856 – 1954) (м. Київ, 18 листопада 2016 р.). Київ, 2016. С. 303–305.

9. **Деркач С.**, М'ягка М., Волкогон В. Ефективність біоорганічного добрива при вирощуванні картоплі. *Аграрна наука Західного Полісся* : зб. наук. пр. Рівне, 2017. С. 79–80.

10. **Деркач С. М.**, М'ягка М. В., Пиріг О. В., Волкогон В. В. Особливості сукцесій мікроорганізмів в органічному субстраті на основі пташиного посліду: XV з'їзд товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (м. Одеса, 11–15 вересня 2017 р.). Львів, 2017. С. 54.

11. **Деркач С. М.**, М'ягка М. В. Вплив біоорганічного добрива на урожайність картоплі. Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матеріали XII наук. конф. молодих вчених (м. Чернігів, 24–25 жовтня 2017 р.). Чернігів, 2017. С. 20–21.

12. **Деркач С. М.**, Дімова С. Б., Мягкая М. В., Луценко Н. В., Штанько Н. П., Наконечная Л. Т. Биокomпостирование органического субстрата на основе птичьего помета при интродукции ассоциации грибов *Trichoderma harzianum* 128. Биологически активные препараты для растениеводства : материалы XIV межд. науч.-практ. конф. daRostim 2018 (г. Минск, 3–8 июля 2018 г.). Минск, 2018. С. 72–74.

13. **Деркач С. М.**, Дімова С. Б., М'ягка М. В., Волкогон В. В. Біокомпост на основі пташиного посліду як засіб оптимізації продукційного процесу сільськогосподарських культур. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спеціальний випуск до XI з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України (м. Харків, 17–21 вересня 2018 р.). Харків, 2018. С. 155–156.

Практичні рекомендації

1. Технологія біокомпостування органічної речовини на основі пташиного посліду за інтродукції асоціації *Trichoderma harzianum*: практичні рекомендації / В. В. Волкогон, С. Б. Дімова, **С. М. Деркач**, Н. В. Луценко, М. В. М'ягка, Н. П. Штанько, Ю. М. Халеп. Чернігів, 2015. 14 с.

АНОТАЦІЯ

Деркач С. М. Оптимізація мікробіологічних процесів при компостуванні субстратів на основі курячого посліду. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.07 – мікробіологія. – Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, Чернігів, 2019.

Дисертація присвячена дослідженню особливостей розвитку мікроорганізмів при компостуванні курячого посліду та розробці технології отримання біоорганічного добрива за використання селекціонованих мікроміцетів.

Досліджено особливості сукцесій мікроорганізмів при компостуванні субстратів на основі курячого посліду. Визначено перспективні, з точки зору інтродукції представників окремих фізіолого-трофічних груп мікроорганізмів до субстрату, стадії сукцесій мікроорганізмів при компостуванні. Встановлено можливість забезпечення керованого процесу компостування курячого посліду за дотримання термінів інтродукції до субстрату активних штамів целюлозолітичних мікроорганізмів.

Селекціоновано асоціацію мікроміцетів *Trichoderma harzianum* 128, до складу якої входять два штами. Асоціація є активним продуцентом низки целюлозолітичних ферментів, характеризується відсутністю фітотоксичності та зоопатогенності, володіє високою антагоністичною активністю до фітопатогенів, здатністю до синтезу позаклітинних фітогормонів.

Інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до суміші курячого посліду з торфом і соломомою є доцільною на другий місяць компостування; за цих умов максимальна чисельність інтродукованих мікроскопічних грибів на сьомий місяць компостування сягає 9,7 млн КУО/г сухого субстрату; на восьмий місяць їх кількість залишається достатньо високою (8,8 млн КУО/г сухого субстрату), цей час співпадає із завершенням процесу компостування органічної речовини.

Інтродукція асоціації *T. harzianum* 128 до компостованого субстрату сприяє інтенсивності розкладу соломи та акумулюванню вуглецю і азоту в компості, накопиченню фізіологічно активних речовин, що підвищує його цінність.

Встановлено, що експериментальні компости, одержані за участі асоціації *T. harzianum* 128, містять високі концентрації речовин рістстимулювальної дії.

Експериментально показано, що доцільним є застосування компосту локально (для зручності – у гранулах).

Ефективність експериментального добрива перевірено протягом трьох років у польових дослідах з картоплею. Отримані дані демонструють найвищий приріст урожайності культури при застосуванні компосту, отриманого за впливу *T. harzianum* 128. При цьому покращуються показники якості продукції: зростає вміст крохмалю та аскорбінової кислоти у бульбах, знижується вміст нітратів.

Ключові слова: технологія біокомпостування, сукцесії мікроорганізмів, мікроміцети роду *Trichoderma*; асоціація *Trichoderma harzianum* 128, целюлазна активність, фітогормони, урожайність, картопля.

АННОТАЦИЯ

Деркач С. Н. Оптимизация микробиологических процессов при компостировании субстратов на основе куриного помета. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук (доктора философии) по специальности 03.00.07 – микробиология. – Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, Чернигов, 2019.

Диссертация посвящена исследованию особенностей развития микроорганизмов при компостировании куриного помета и разработке технологии получения биоорганического удобрения с использованием селекционированных микромицетов.

Исследованы особенности сукцессий микроорганизмов при компостировании субстратов на основе куриного помета. Определены перспективные, с точки зрения интродукции представителей отдельных физиолого-трофических групп микроорганизмов в субстрат, стадии сукцессий микроорганизмов при компостировании.

Селекционировано ассоциацию микромицетов *Trichoderma harzianum* 128, в состав которой входят два штамма. Ассоциация является активным продуцентом ряда целлюлозолитических ферментов, характеризуется отсутствием фитотоксичности и, зоопатогенности, обладает высокой антагонистической активностью к фитопатогенам, способностью к синтезу внеклеточных фитогормонов.

Интродукция ассоциации *T. harzianum* 128 в смесь куриного помета с торфом и соломой целесообразна на второй месяц компостирования; при этих условиях максимальная численность интродуцированных микроскопических грибов на седьмой месяц компостирования достигает 9,7 млн КОЕ/г сухого субстрата; на восьмой месяц их количество остается достаточно высоким (8,8 млн КОЕ/г сухого субстрата), это время совпадает с завершением процесса компостирования органического вещества.

Интродукция ассоциации *T. harzianum* 128 в компостированный субстрат способствует интенсивности разложения соломы и аккумуляции углерода и азота в компосте, накоплению физиологически активных веществ, что повышает его ценность.

Установлено, что экспериментальные компосты, полученные при участии ассоциации *T. harzianum* 128, содержат высокие концентрации веществ ростстимулирующего действия. Экспериментально показано целесообразность локального применения компоста (для удобства – в гранулах).

Эффективность экспериментального удобрения проверена в течение трех лет в полевых опытах с картофелем. Полученные данные демонстрируют высокие прибавки урожайности культуры при применении компоста, полученного при участии *T. harzianum* 128. При этом улучшаются показатели качества продукции: возрастает содержание крахмала и аскорбиновой кислоты в клубнях, снижается содержание нитратов.

Ключевые слова: технология биокомпостирования, сукцессии микроорганизмов, микромицеты рода *Trichoderma*; ассоциация *Trichoderma harzianum* 128, целлюлазная активность, фитогормоны, урожайность, картофель.

SUMMARY

Derkach S. -Optimization of microbiological processes during the composting of substrates based on chicken litter.–Qualifying scientific paper as manuscript.

Thesis for the PhD in Agriculture (doctor of philosophy) majoring in 03.00.07 "Microbiology". – Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Production of the NAAS, Chernihiv, 2019.

This thesis is dedicated to the investigation of the peculiarities of microorganisms' successions while chicken litter composting and the development of the technology for production of bioorganic fertilizers with the usage of selected cellulolytic microorganisms.

The peculiarities of successions of microorganisms during composting of substrates based on chicken litter were studied. We have determined the promising stages of microorganisms' successions during composting, from the point of view of introduction of the representatives of certain physiological trophic groups of microorganisms to the substrate. There was determined the possibility of assuring the controlled process of chicken litter composting, as a result of following the terms of the introduction of active strains of cellulolytic microorganisms to the composted substrate.

We have selected the association of micromycetes *Trichoderma harzianum* 128, which consists of two strains. The association is an active producer of a number of cellulolytic enzymes, characterized by a lack of phytotoxicity and zoopathogenicity, has high antagonistic activity to phytopathogens and the ability to synthesize extracellular phytohormones.

The introduction of the association *T. harzianum* 128 to the mixture of chicken litter with peat and straw is appropriate on the second month of composting; under these conditions, the maximum number of introduced fungi on the seventh month of composting rates to 9.7 million CFU / g of dry substrate; on the eighth month their number remains sufficiently high (8.8 million CFU / g of dry substrate), this time matches with the completion of the process of organic matter composting.

The introduction of the association *T. harzianum* 128 to the composted substrate contribute to the intensity of straw decomposition and the accumulation of carbon and

nitrogen in the compost, its enrichment with the physiologically active substances, which increases its value.

It has been determined that the experimental composts obtained with the association of *T. harzianum* 128, contain high concentrations of substances of growth stimulating activity. It has been experimentally shown that it is meaningful to use the compost locally (for convenience, in granules).

The efficiency of experimental fertilizer has been checked for three years in field experiments with potatoes. The obtained data show the highest increase of crop yield with the application of compost obtained under the influence of *T. harzianum* 128. Thus, the growth of the potato yield on average over three years was 31.6% in comparison with the control.

The usage of compost obtained with influence of *T. harzianum* 128 in the potato growing technology improves the quality of product: the content of starch and ascorbic acid in the tubers increases, and the nitrate content is reduced.

Key words: technology of biocomposting, succession of microorganisms, micromycetes of the genus *Trichoderma*; association *Trichoderma harzianum* 128, cellulosic activity, phytohormones, yield, potato.

Підписано до друку 20.05.2019 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Умовн. друк. арк. 0,90. Обл.-вид. арк. 0,90.
Зам. № 0717-19/3. Наклад 100 прим.

Видавець та виготовлювач: ФОП Брагинець О. В.
Свід. про внесення до держ. реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК, № 4879 від 07.04.2015.
Виписка з єдиного держ. реєстру серія ААВ, № 257729 від 01.12.2011.
Україна, 14029, м. Чернігів, вул. О. Кошового, 6, к. 15.
<http://siver-druk.com.ua> e-mail: siverdruk11@gmail.com